
و. ن. لانگه
مسایل هوش آزمائی
در فیزیک تجربی

و. ن. لانگه

مسایل هوش آزمائی در فیزیک تجربی

بنگاه نشریات "میر" مسکو

ترجمه : س. والری

На персидском языке

۱۹۸۱

پیشگفتار

درهررشته ای از فعالیت اعم از علم‌یا فن، صنعت یا کشاورزی ، کیهان‌نوردی‌یا پزشکی‌انسان‌همیشه با لزوم اندازه‌گیری این یا آن مقدار مواجه میشود ـ درجه حرارت هوا یا ارتفاع کوه، حجم جسم یا سن یافته‌های دیرین شناسی و غیره. در بعضی موارد اندازه‌گیری های ضروری را میتوان با وسایل مخصوص مربوطه انجام داد . مثلا" ابعاد جسم بوسیله متر فنری ، میکرومتر ، کولیس، درجه گرما بوسیله دماسنج و جرم بوسیله ترازو تعیین میشود . در چنین مواردی اندازه‌گیری‌ها را مستقیم یا بلاواسطه گویند . واما دربیشتر موارد لازم میآید که بجای اندازه‌گیری مستقیم مقدار مورد نظر ، مقداری بکلی دیگر اندازه‌گیری و بدنبال آن مقدار مورد نظراز فرمولهای مربوطه محاسبه شود . در اینصورت اندازه‌گیری را با واسطه گویند . مثلا" برای تعیین چگالی ماده معمولا" جرم و حجم یک جسم از این ماده را تعیین و سپس مقدار اولی را برمقدار دومی تقسیم میکنند .

قاعدتا "برای اندازه‌گیری مقادیر ، روشهای‌استاندارد مخصوصی برای این منظورتهیه گردیده، که مثالهای آن در بالا ذکر شده‌است (اندازه‌گیری طول و چگالی) . با وجود این ، مواردی پیش میآید که روشهای معمولی اندازه‌گیری نامناسب و حتی غیرممکن از آب در میآید .

درنظرتان مجسم کنید که لازم آمد قطر لوله‌موئی* نازک‌مثلا"در

---

* لوله موئی (Capillaire) بمعنی لوله بسیار نازکی (بنازکی مو) می باشد مانندمجرای جیوه در حرارت سنج یا لوله مکش خون در آزمایشگاه طبی و غیره . قیاس بر این ، در زبان علم و صنعت اصطلاح ترک موئی بمعنی ترک بسیار نازک ، مثلا" در جسم قطعه فلزی ، بطور وسیع بکار می رود (مترجم)

حرارت سنج طبی معمولی تعیین شود . مجرای لولــه بقدری نازک است که نمیشود خط کش یا ابزاردیگری وارد آن کرد . وانگهی ، خط کشی که در اختیارتان است وسیله‌ایست خیلی نادقیق از نظراین کار . پس چکار باید کرد ؟ معلوم میشود که راه مناسب اینست که بجای اندازه‌گیری مستقیم لولــه از اندازه‌گیری باواسطه استفاده شود ، اتفاقا" دراین زمینه میتوان بجای یک روش تعداد بیشماری روشهای گوناگون پیشنهاد نمود . یکی از این روشها را بعد از آشنائی با حل مسئله شماره ۸۲ این کتاب خواهید شناخت .

اندازه‌گیری چگالی نیز همیشه با کمک روش‌های استاندارد ممکن نیست . واقعا" هم اگر بخواهیم چگالی متوسط ماده یک سیاره را بدانیم فورا" به اشکال برخورد خواهیم کرد چون نمیتوان آن را روی کفه ترازو گذاشت . آنوقت مجبور میشویم از طرق غیر مستقیم به هدف برسیم که دو طریق از این طرق مختلف در شرح حل مسائل شماره ۱۰۸ و ۱۱۲ توضیح داده شده است .

برای حل برخی مسایل که دراین مجموعه گنجانده شده پیشنهاد میشود از وسایل و اشیائی که ظاهرا" بهیچوجه مناسب نیستند استفاده شود . معهذا با کاربرد ماهرانه‌اشیای‌مزبورمیتوان مسئله را حل کرد . و اگر از حل مسئله عاجز ماندید اول بفصل کمک مراجعه نمائید و فقط بعد از آنکه دوباره نتوانستید مسئله را حل کنید جوابهای آخر کتاب را نگاه کنید . همچنین در صورتیکه بدون هیچگونه کمکی توانستید مسئله را حل کنید جواب بدست‌آمده را چک کنید . ممکن است راه حل خودتان ساده‌تر و ظریف‌تر از آب در آمده باشد ، در اینصورت لذت خاصی احساس خواهید کرد .

دراین مجموعه مسایلی نیز هست که مستلزم تعیین کمیتی هیچ مقادیری نیست . در اینگونه‌مسایل فقط لازم است روش انجام یک عمل پیشنهاد شود . مسائل اخیرالذکر با مسائل نوع اول این جنبه مشترک را دارند که یا موقعیت ابتدائی آنها یا مجموعه اشیای قابل استفاده‌جهت حل مسئله غیرعادی میباشد . (باید اعتراف کرد که جنبه غیرعادی بعضی مسایل فقط ظاهری است چون ، مثلا" ، چگالی متوسط ماده کــرهٔ زمین بهمان روشی که در جواب مسئله شماره ۱۱۲ توصیف میشود تعیین شده

است .)

باوجودیکه تمام مسائل جنبه تجربی دارد فقط این نکته مهم است که خواننده به راه حلی اشاره کند که از نظر اصولی صحیح باشد . در ضمن فرض میشود که ابزار و آلاتی که در متن مسائل ذکر شده است بینهایت دقیق میباشد و کاربرد وسایل کمکی مجاز است هرگاه عکس این دستور ذکر نشده باشد . منظور اینست که وقتی ، مثلا" ، در منزلتان هستید همیشه میتوانید یک لیوان یا یک قرقره نخ پیدا کنید یا آب از چاه یا شیرآب بگیرید و غیره .

دربعضی موارد با کمک وسایل پیشنهادی میتوان مقدار ضروری را فقط بطور تقریبی تعیین نمود ولی‌در بعضی مواقع نتایج تقریبی هم دارای ارزش زیاد میباشد . مثلا" در حال حاضر طول امواج نوری با دقتی شگفت‌انگیز اندازه‌گیری میشود (یادآور میشویم که یک متر در سیستم بین‌المللی واحدها عبارتست از فاصله‌ایکه در محیط خلاء تعداد ۱۶۵۰۷۶۳/۷۳ موج از امواج طیف گاز گرانمایه کریپتون یا ، دقیق‌تر ، ایزوتوپ آن با جرم اتمی ۸۶ را در خود جای میدهد). با وجود این ، آزمایشات زمخت یانگ فیزیکدان انگلیسی که در سال ۱۸۰۲ بعمل آمد و در نتیجه آن طول امواج نور برای اولین‌بار تعیین شد از نظر اصولی اهمیت بسزائی داشت چونکه قبل از آن حتی مرتبه اینگونه مقادیر معلوم نبود .

بیشتر موقعیتهائی که بنا بر فرض مسئله برایتان پیش میآید پا در هوا بنظر میرسد و عملا" کمتر اتفاق میافتد . ولی پیش‌بینی همه موارد احتمالی امکان پذیر نیست بنابراین باید برای هرگونه موارد اضطراری و غیر منتظره آماده بود . آشنائی با تاریخ علوم بطور قانع کننده نشان میدهد چه بسا آزمایشگران دست به حیله زده‌اند و روشهای گوناگون غیرمستقیم واحیانا" بسیار پیچیده‌ای جهت اندازه‌گیری مقادیر و پژوهش پدیده‌ها اختراع کرده‌اند . کافیست بیاد بیاوریم که بارالکترون ، ترکیب شیمیائی ستاره‌ها ، ساختمان هسته‌ای اتم و غیره همانا با روش غیرمستقیم تعیین شده است . در همه این موارد ، قدرت تخیل که برای یک طبیعت شناس خصلت پرارزشی می‌باشد به دانشمندان کمک کرده است . برای شما نیز مفید خواهد بود استعداد مخترعی خود را روی مثالهای ساده آزمایش کنید تا در موارد

پیچیده‌تر دستپاچه نشوید . این کتاب که توجه شما را به آن جلب میکنیم تقریبا " شباهتی به مجموعه مسائل معمولی دبیرستان ندارد چون اغلب برای حل مسائل آن ، آگاهی از مباحث گوناگون فیزیک ضروری است . بنابراین ، نگارنده مسایل را برحسب موقعیتی که درآن مطرح‌میشود به چند بخش تقسیم نموده است. در هربخش ، مسایل ، بترتیب افزایش پیچیدگی ردیف شده است هرچند تصور نگارنده و خواننده از پیچیدگی مسایل بطور حتم یکسان نخواهد بود .

اغلب مسائل این کتاب توسط نگارنده تدوین شده و برای اولین بار بچاپ میرسد ولی برخی مسایل از نشریه‌های موجود اقتباس شده است .

این کتاب در وهله اول برای دانش‌آموزان کلاسهای بالای دبیرستان‌ها که توشه قابل ملاحظه‌ای از معلومات فیزیک بهمراه دارنددر نظر گرفته شده است اما نوآموزان این علم‌جالب نیز خواهند توانست بسیاری از مسایل را حل کنند . چنین بنظر میرسد که این کتاب برای دبیرهم ممکن است مفید واقع شود مثلا " در انتخاب مسایل جهت مسابقه مربوط به سرگرمیهای فیزیک دانش آموزان .

توصیه میشود در موقع حل بعضی مسایل ، از کتاب های راهنمای مقادیر فیزیکی استفاده کنید . بیشتر معلومات ضروری را میتوانید در کتابهای فیزیک دبیرستان پیدا کنید و در بعضی موارد ممکن است لازم شود به جداول جامع فیزیکی نیز مراجعه نمائید .

نگارنده

در محیط خانه

۱ـ به شما پیشنهاد کردند چگالی شکررا تعیین کنید. چطور میتوانید این کاررا بکنید اگر فقط یک پیمانه خانگی و شکردر اختیارتان باشد.

۲ـ وزنه صدگرمی و خط کش مدرج در اختیارتان هست، چگونه میتوان بکمک این وسایل جرم یک جسم راتعیین نمود بشرطیکه با جرم وزنه تفاوت زیادی نداشته باشد. چکار باید کرد اگر بجای وزنه تعدادی سکه مسی* در اختیارتان باشد.

۳ـ با استفاده از ترازو و مجموعه وزنه‌ها چگونه میتوان حجم یک قابلمه را تعیین کرد.

۴ـ یک لیوان استوانه‌ای شکل تا لب پر از مایع ست. چگونه میتوان محتوی لیوان را به دوقسمت کاملا" متساوی تقسیم نمود اگر یک ظرف دیگر هم دراختیارتان باشد، منتها با اندازهٔ کوچکتر و بشکل دیگر.

۵ـ دو نفر دوست دربالکن خانه استراحت میکردند و از روی بیکاری باین موضوع فکر می‌کردند که چگونه میتوان فهمید، در قوطی کبریت کدام یکیشان تعداد کمتری کبریت مانده بدون اینکه قوطی‌ها را باز نمایند.
شما چه روشی را می توانید پیشنهاد کنید؟

۶ـ چگونه میتوان بدون‌هیچ ابزاری مرکز ثقل یک چوب صاف را پیدا کرد.

۷ـ چگونه میتوان باکمک خط‌کش سفت (مثلا" خط‌کش چوبی معمولی)

---

* در شوروی سکه مسی اصطلاحی است شرطی چون سکه ها بجای مس خالص از آلیاژ آن تهیه می شوند (مترجم)

قطر توپ فوتبال را تعیین کرد .

۸ــ چگونه میتوان با کمک یک پیمانه قطر گلوله کوچک را تعیین نمود .

۹ــ لازم است قطر یک سیم نسبتا" نازک هرچه دقیقتر تعیین شود در صورتیکه فقط دفتر شطرنجی و مداد در اختیارتان باشد .

۱۰ــ جسمی دریک ظرف مستطیل پراز آب شناور است . با استفاده از یک عدد خط کش چگونه میتوان جرم جسم را تعیین نمود .

۱۱ــ با استفاده از میلهٔ فولادی و پیمانه پراز آب چگونه میتوان چگالی چوب پنبه‌ای را تعیین کرد .

۱۲ــ شرح دهید چگالی چوب کوچکی را که در ظرف باریک استوانه‌ای شکل شناور است چگونه می توان تنها با استفاده از خط کش تعیین نمود .

۱۳ــ حجم فضای داخلی یک درپوش شیشه‌ای توخالی را بدون شکستن آن تعیین کنید . آیا با استفاده از ترازو ، مجموعه وزنه‌ها وظرف پراز آب میتوان این کار را کرد .

۱۴ــ یک ورق آهن روی کف اطاق میخکوب شده و میلگرد چوبی سبک (عصا) وخط کش در اختیارتان هست . روشی جهت تعیین ضریب اصطکاک چوب و آهن پیدا کنید بشرطیکه فقط از وسایل نامبرده استفاده شود .

۱۵ــ در اطاقی هستید که با چراغ برق روشن شده است . از دوعدد عدسی همگرا کدام یکی نیروی بصری بیشتری دارد . راه حل مسئله را پیدا کنید بشرطیکه هیچ ابزار مخصوصی برای این کاردر اختیارتان نباشد .

۱۶ــ دوعدد عدسی یکی همگرا ودیگری واگرا دراختیارتان هست . بدون توسل به هیچ ابزاری چگونه میتوان فهمید که نیروی بصری کدام یک بیشتر است .

۱۷ــ یک راهرو طولانی و بدون پنجره با یک عدد چراغ برق روشن شده است . چراغ را میتوان بوسیله کلید برق دم در ورودی خاموش و روشن کرد . برای کسانیکه بیرون میروند این کار باعث اشکال است چون مجبورند در تاریکی خود را به دم در برسانند . ضمنا" اشخاصی که وارد راهرو شده و چراغ را روشن میکنند نیز ناراضی هستند زیرا بعد از طی کردن طول راهرو نمیتوانند چراغ را خاموش کنند و در نتیجه

چراغ بیهوده روشن میماند . آیا میتوان مدار برقی در نظر گرفت که امکان بدهد چراغ راهرو را ازاین یا آن‌انتهای راهرو خاموش و روشن کرد ؟

۱۸ـ فرض کنید بشما پیشنهاد شده برای اندازه‌گیری ارتفاع خانه از قوطی کنسروخالی و ثانیه شمار استفاده نمائید . آیا از عهده این کار برمیآئید ؟ شرح بدهید چکار باید کرد .

۱۹ـ چگونه میتوان سرعت جریان آب شیر را تعیین نمود در صورتیکه یک قوطی استوانه‌ای شکل ، ثانیه شمار و کولیس در اختیارتان باشد ؟

۲۰ـ فرض کنیم برایتان لازم آمد مخزن بزرگی را با حجم معلوم با کمک شلنگ دارای سرشلنگ استوانه‌ای‌شکل از آب پرکنید . شما میخواهید بدانید این کار خسته کننده چقدر طول میکشد . آیا میتوان طول این مدت را فقط با کمک خط‌کش تعیین نمود ؟

۲۱ـ لازم است فشار هوای داخل توپ فوتبال بکمک ترازوی حساس و خط‌کش تعیین شود . چگونه میتوان این کار را انجام داد ؟

۲۲ـ یک لامپ برق سوخته است . با کمک ظرف استوانه‌ای شکل‌پر از آب و خط‌کش مدرج چگونه میتوان فشار داخل لامپ را اندازه گیری کرد ؟

۲۳ـ سعی کنید مسئله قبل را حل نمائید اگر استفاده از یک قابلمه پر از آب و ترازو با مجموعه وزنه‌ها مجاز باشد .

۲۴ـ در داخل یک‌لوله شیشه‌ای باریک که یک سرش بسته است مقداری هوا و بالای هوا ستونی از جیوه وجود دارد که آنرا از جو اطراف جدا کرده است . خط کشی با درجه‌بندی میلی‌متری نیز در اختیارتان هست . بکمک این وسایل فشار جو را تعیین کنید .

۲۵ـ از چه طریقی میتوان گرمای تبخیر آب را تعیین کرد در صورتیکه یخچال خانگی ، قابلمه‌ای با گنجایش مجهول ، ساعت و مشعل گاز با شعله آرام در اختیارتان باشد؟ فرض می‌شود که گرمای ویژه آب مقداریست معلوم .

۲۶ـ بیرون از خانه برف آمده اما هوای اطاق گرم است . متاسفانه در خانه وسیله‌ای جهت تعیین درجه حرارت یعنی دماسنج موجود نیست . در عوض یک باطری ، ولتمتر و آمپرمتر خیلی دقیق ، سیم مسی فراوان و

کتاب راهنمای مفصل فیزیک وجود دارد آیا با کمک این وسایل میتوان درجه حرارت هوای اطاق را تعیین نمود ؟

۲۷ـ مسئله قبل را چطور میشود حل کرد اگر کتاب راهنمای فیزیک در دسترس نباشدو ، علاوه بروسایل مذکور استفاده از اجاق برقی و قابلمه با آب مجاز باشد .

۲۸ـ دختر در حالیکه پدرش مشغول یادداشت کردن ارقام کنتوربرق بود از او اجازه خواست برای گردش از خانه بیرون برود . پدر هم اجازه داد اما به دخترش گفت دقیقا " یک ساعت دیگر به خانه برگردد . پدر چطور میتواند بدون استفاده از ساعت مدت گردش دخترش را کنترل کند ؟

۲۹ـ مسئله شماره ۱۷ زودبزود در مجموعه‌های مختلف منتشر میشود لذا بخوبی بر همه معلوم است . اینک توجه شما را به مسئله مشابهی منتها کمی پیچیده‌تر جلب میکنیم . مداری را طرح کنید که بوسیله آن بتوان لامپ یا هرگونه وسیله برقی دیگری را که با برق شبکه کار میکند از تعداد دلخواه نقطه‌ها خاموش و روشن نمود .

۳۰ـ اگر یک مکعب چوبی را روی روکش پارچه‌ای صفحه‌گردان گرام ، نزدیک محور آن ، قراردهیم مکعب با صفحه گردان میچرخد ولی اگر فاصله مکعب با محور زیاد باشد از روی صفحه گرام پرت میشود . چگونه میتوان فقط با خط کش ضریب اصطکاک چوب و پارچه را تعیین نمود ؟

۳۱ـ روشی جهت تعیین حجم اطاق در نظر بگیرید در صورتیکه یک نخ نازک نسبتا " بلند ، ساعت ووزنه ترازو مدد کار شما باشد .

۳۲ـ در تدریس هنر موسیقی و باله ، در تمرینات ورزشکاران و در بعضی موارد دیگر اغلب از وسیله‌ای بنام مترونوم استفاده میشود که با فاصله زمانی معین صدای کوتاه میکند . فاصله زمان بین دو ضربه (صدای) متوالی مترونوم از طریق بالا و پائین بردن وزنه کوچک روی میله مدرج نوسان کننده مخصوص تنظیم میگردد .

اگر میله مترونوم در کارخانه سازنده درجه بندی نشده باشد بکمک نخ ، گلوله فولادی و مترفنری چگونه‌میشود آنرا برحسب ثانیه

درجه بندی کرد؟

۳۳ـ وزنه مترونومی را که‌میله آن درجه‌بندی نشده است (مسئله قبل را نگاه‌کنید) در وضعی قرار دهید که فاصله زمان بین دو ضربه متوالی برابر با یک ثانیه باشد. برای این منظور استفاده از نردبان بلند، یک تکه آجر و متر فنری مجاز است. این چیزها راچگونه باید بکار برد؟

۳۴ـ مکعب مستطیلی از چوب ساخته شده که طول ضلع بلند آن از طول دو ضلع دیگرش بمراتب بیشتر است. چگونه میتوان فقط بکمک خط کش ضریب اصطکاک آن را با سطح کف اطاق تعیین کرد؟

۳۵ـ دوگوی توخالی بوزن و حجم یکسان با رنگ یکسانی رنگ شده که از خراشیدن آن باید خودداری نمود. یکی از آلومینیم و دیگری از مس ساخته شده است.

ساده ترین راه تشخیص جنس هر گوی کدام است؟

۳۶ـ بکمک تیرچه محکم و یکپارچه دارای تقسیمات و قطعه سیم مسی نسبتا " کلفت چگونه میتوان وزن یک جسم را تعیین کرد؟ استفاده از کتاب راهنمای مقادیر فیزیکی مجاز است.

۳۷ـ مطلوبست شعاع آئینه کروی (یا شعاع انحنای عدسی مقعر) بکمک ثانیه‌شمار و گلوله فولادی با شعاع معلوم تعیین شود. چگونه میتوان این کار را کرد؟

در موقع گردش

۳۸ـ مردی و کودکی میخواهند از روی جوی آب عبور کنند ـ یکی از کناره راست بطرف کناره چپ و دیگری در جهت معکوس. درهر دو ساحل جوی تخته‌ای افتاده است و طول هرتخته‌کمی از فاصله بین دو ساحل کوتاهتر است. مرد و کودک چگونه میتوانند هر یک به ساحل دیگر بروند؟

۳۹ـ در بعضی موارد فقط با داشتن‌یک ثانیه شمار چگونه میتوان طول درخشش برق را از روی طول مدت رعد تعیین نمود ؟

۴۰ـ ناقوسی به ستون آویزان است و دقیقا" با فاصله ۱ ثانیه آنرا میزنند. با مشاهده ضربات روی ناقوس و استماع صدای آن آیا میتوان سرعت انتشار صوت درهوا را تعیین نمود اگر اندازه‌گیری های ضروری فقط بکمک متر فنری انجام شود ؟

۴۱ـ در یک روز آفتابی بکمک خط کش چگونه میتوانیم ارتفاع یک درخت را تعیین کنیم بدون اینکه از آن بالا برویم ؟

۴۲ـ در بعضی شهرهای اتحاد شوروی سر چهارراه‌ها دستگاههای الکترنیکی مخصوصی نصب گردیده که بطور خودکار حداقل سرعتی را محاسبه و روی صفحه چراغانی نشان میدهند که رانندگان با رعایت آن بتوانند در موقع روشن بودن چراغ سبز به چهارراه بعدی برسند. اعداد صفحه معمولا" بدینترتیب عوض میشود: اول ۴۵، بعد ۵۰ و ۵۵ و بالاخره ۶۰ کیلومتر در ساعت و سپس چراغ صفحه خاموش میشودچون سرعت بالاتر از ۶۰ کیلومتر در ساعت فقط در تعداد معدودی از خیابانها مجاز است.

اگر سرچهارراه ایستاده و اعداد روی صفحه را بخوانیم چگونه می‌توانیم فقط بکمک ساعت فاصله تا چراغ راهنمائی چهارراه بعدی را تعیین کنیم ؟

۴۳ـ در میدان یخ دو پسربچه میخواهند مقایسه کنند که جرم بدن کدام یک از آنها بیشتر و چند برابر جرم دیگری است. آنها چگونه میتوانند فقط بکمک متر فنری به این هدف برسند ؟

۴۴ـ شبهنگام کنار رودخانه کوچکی‌ایستاده‌اید که در ساحل آنطرف تیری با چراغ قرار دارد. چطور میتوانید فاصله خودتان را با تیر چراغ و ارتفاع آنرا تعیین کنید در صورتیکه برای حل مسئله پیشنهاد شود از تیرچه چوبی و مترفنری استفاده نمائید ؟

۴۵ـ سرعت اولیه گلوله هفت‌تیر اسباب‌بازی مطلوب است. فقط بکمک مترفنری چگونه میتوان این مسئلەرا حل کرد ؟

۴۶ـ مسئله قبل را چگونه میتوان حل نمود اگر استفاده از ثانیه شمار بجای

مترفنری شرط باشد؟

۴۷ـ یک پسربچه و یک دختربچه توپ پرتاب میکنند . بکمک متر فنری چگونه میتوان تعیین کرد که سرعت توپ پسربچه چند برابر سرعت توپ دختربچه است؟

۴۸ـ شما میخواهید عرض رودخانه را با قدم اندازه‌بگیرید . بکمک یک ساقه گیاهی که در ساحل چیده‌اید چگونه میتوانید (البته ، بطور تقریبی) این کار را انجام دهید؟

۴۹ـ بمنظور تعیین جهت نصف‌النهار مغناطیسی پیشنهاد میشود از یک لیوان آب ، مقداری نشادر (NH_4Cl) ، یک قطعه مفتول ، قیچی ، یک قرقره سیم‌مسی ، صفحه کوچکی از فلز روی و چوب پنبه استفاده نمائید . بکمک اشیاء نامبرده چطور میتوان به هدف رسید؟

۵۰ـ در نظرتان مجسم‌کنید که برای تعیین ارتفاع یک برج (یا یک ساختمان دیگر) به شما نعلبکی با جیوه ، نقاله ، وزنه کوچک و نخ داده‌اند . آیا با دانستن ابعاد اعضای بدن خود میتوانید از عهده حل این مسئله برآئید؟

۵۱ـ بکمک گرم‌کن و قابلمه محتوی آب و دماسنج دقیق چگونه میتوان ارتفاع یک کوه را تعیین کرد؟

۵۲ـ مطلوبست تعیین شدت منبع نوری که نمیتوان بآن نزدیک شد . برای این منظور ابزاری بنام‌لوکس‌متر جهت اندازه‌گیری درجه روشنائی و مترفنری در اختیارشماست . آزمایشی را شرح دهید که این کار را امکان‌پذیر سازد .

۵۳ـ فرض کنید روی یک سکوی گردان (مثلا " روی "چرخ خنده‌ایکه" در بعضی پارک‌های استراحت موجود است) قرار گرفته‌اید . دیواره‌ای گرداگرد سکو کشیده شده بطوریکه اشیای اطراف دیده نمیشود . شما میخواهید جهت چرخش سکو را بدانید . بکمک گلوله فولادی کوچک چگونه میتوان به این هدف رسید؟

۵۴ـ بدون استفاده از هیچ ابزاری نشان دهید که ضریب کشش سطحی محلول صابون از آب کمتر است .

۵۵ـ در هوای آرام و بدون باد دو نفر دوست با دو قایق کاملا" یکسان از نظر شکل و اندازه برای گردش به دریاچه رفتند . در موقع گردش خواستند در سرعت قایق رانی مسابقه بگذارند . بچه‌هابرای اینکه شرایط مسابقه کاملا" یکسان باشد تصمیم گرفتند توشه خود را طوری تقسیم کنند که وزن قایق‌ها یکی باشد .

با استفاده از طنابی که برحسب اتفاق بهمراه داشتند چگونه میتوانستند نیت خود را عملی سازند ؟

۵۶ـ قایق سوار میخواهد جرم قایق را تعیین کند . آیا میتواند این کار را بکند اگر جرم بدن خودش براو معلوم و بجز طناب بلندی هیچ چیز دیگری نداشته باشد ؟

۵۷ـ سیاحان از یک طرف دریاچه که محل اردوگاهشان بود بطرف مقابل رفتند و آنجا به ساعت نگاه کرده تصمیم گرفتند مختصر استراحتی بکنند . هوا آرام بود و برنامه مرکز رادیو اردوگاه بخوبی بگوششان میرسید وبا اینکه رادیو ترانزیستوری خودرا خاموش کرده بودند توانستند آخرین اخباررا گوش کنند . بعد ازاین یکیشان اعلام کرد که فاصله‌آنجا با اردوگاه تقریبا ۳ کیلومتر است . آن شخص چگونه این مسافت را تعیین کرد ؟

۵۸ـ غواص قورباغه‌ای خواست عمق دریاچه را تعیین کند . متاسفانه بجز پیمانه استوانه‌ای مدرج هیچ وسیله‌ای همراهش نبود . معهذا غواص توانست به هدفش برسد . آیا می‌توانید بگوئید چطور ؟

آیامیتوان‌این‌کار راانجام‌داداگر پیمانه‌بجای استوانه‌ای مخروطی‌باشد ؟

۵۹ـ یک نفرماهیگیرضمن خرید نخ کاپرونی*ماهیگیری در فروشگاه یادش رفت مقاومت نخ را بپرسد ولی بعد از مدتی تفکر راه تعیین آن بکمک وزنه یک کیلوئی و نقاله‌ای که برحسب اتفاق همراهش بود به نظرش رسید .

سعی کنید پی ببرید ماهیگیر چگونه توانست مسئله را حل کند .

۶۰ـ آیا ماهیگیر میتواند مقاومت‌نخ ماهیگیری را بکمک وزنه یک کیلوئی و مترفنری تعیین کند ؟

۶۱ـ ماهیگیر تصمیم گرفت بکمک قطعه نخ ماهیگیری بطول وقطر معلوم ، وزنه کوچک و ثانیه شمار حد مقاومت جنس نخ را (که نسبت نیروی کشش به مساحت مقطع عرضی ، مقاومت کشش نیز نامیده میشود) محاسبه کند .

آزمایش جهت تعیین مقدار مورد نظر چگونه باید برگزار شود ؟

۶۲ـ سنگی به آب آرام دریاچه پرت شد . بکمک خط‌کش یک متری و ثانیه شمار چگونه میتوان طول پرواز سنگ را تعیین نمود ؟

در موقع مسافرت

۶۳ـ در هوای بی‌باد ،سرعت سقوط قطره‌های باران‌را از روی اثرات قطره‌ها روی شیشه پنجره واگن قطار درحال حرکت‌چگونه میتوان تعیین کرد ؟

برای حل مسئله مجاز است فقط از ساعت و نقاله استفاده شود .

۶۴ـ بکمک خط‌کش مقیاس‌دار ، سرعت قطره‌های باران را از روی اثرات آن

---

* کاپرون نوعی پلاستیک مصنوعی است که در تولید الیاف مصنوعی نیز بکار میرود (مترجم)

روی شیشه پنجره‌های جانبی اتومبیل درحالِ حرکت چگونه میتوان تعیین کرد در صورتیکه هوابی‌باد باشد؟

۶۵ـ در موقع حرکت از ایستگاه، قطار عملا" با شتابی تقریبا" ثابت حرکت میکند. طریقه‌ای جهت تعیین مقدار شتاب در این موقع بکمک نخ، وزنه ۱۰۰ گرمی و خط کش مقیاس‌دار بیاندیشید.

۶۶ـ مسئله قبل را چگونه میتوان حل کرد اگر بجای خط کش مقیاس‌دار از نیروسنج یعنی ترازوی فنری دقیق استفاده شود؟

۶۷ـ مسئله شماره ۶۵ چگونه حل میشود اگر به آزمایشگر پیشنهاد شود بجای خط کش مقیاس‌دار از نقاله استفاده کند؟

۶۸ـ در یکی از واگنهای موتوردارقطار برقی حومه شهر دورشمار دقیقی جهت تعیین دور چرخ و دماسنج جهت اندازه‌گیری درجهٔ حرارت هوای بیرون نصب شده است.

بکمک این ابزار چگونه میتوان ضریب حرارتی انبساط خطی فلز چرخ واگن را تعیین کرد؟

۶۹ـ در نظرتان مجسم کنید که با اتومبیل در قطعه افقی جاده حرکت میکنید. تنها با استفاده از ابزار موجود در اتومبیل چگونه میتوان ضریب مقاومت در برابر حرکت اتومبیل را تعیین نمود؟

۷۰ـ با داشتن نیروسنج و چوب چهارگوش مستقیم چگونه میتوان زاویه شیب جاده را نسبت به افق تعیین نمود؟

۷۱ـ با استفاده از لامپ سیارموجود در مجموعه متعلقات یک اتومبیل، قطعه سیم و قطب نما چگونه میتوان علامت قطبهای باطری اتومبیل را تعیین‌نمود؟

۷۲ـ مسئله قبل را چگونه میتوان حل کرد اگر دو عدد هادی برق و یک لیوان آب در اختیارتان باشد؟

۷۳ـ با داشتن دو عدد هادی برق‌مسی و یک عدد سیب‌زمینی خام چگونه میتوان مسئله شماره ۷۱ را حل نمود؟

۷۴ـ از راننده اتومبیل تقاضا شد زاویه میل جاده را نسبت به افق تعیین کند . برای این منظور یک حلقه فلزی و یک ثانیه شمار به او دادند . راننده چگونه باید عمل‌کند ؟

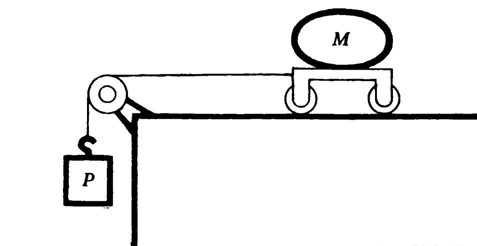
درآزمایشگاه دبیرستان

۷۵ـ دو عدد آونگ در اختیارداریم که دوره تناوب یکی از آنها معلوم است . ساده‌ترین راه تعیین دوره تناوب آونگ دومی کدام است ؟

۷۶ـ از چند نوع کاغذ صافی لازم است آن نوع انتخاب شود که دارای خلل وفرج ریزتر میباشد . بدون استفاده از هیچ ابزاری چگونه میتوان این کار را کرد ؟

۷۷ـ دو شمش چهارگوش بظاهر یکسان در کشومیز قرارداشت . یکی از آهن نرم و دومی از فولاد مغناطیسی بود . چگونه میتوان‌آهن‌ربا را از آهن ساده تمیز داد در صورتیکه فقط‌از این دو شمش استفاده شود .

۷۸ـ یکی از دو شیشه آزمایشگاهی کروی شکل کاملا" یکسان پراز آب و دومی پراز الکل است . سرشیشه‌ها ، کاملا" بسته شده است . بکمک لامپ رومیزی و بدون بازکردن شیشه‌ها چگونه میتوان تشخیص داد در کدام یک آب و در کدام یک الکل است ؟



شکل (۱)

۷۹ـ بکمک وزنه‌ها ، ثانیه‌شمار و دستگاهی که درشکل ۱ نمایش داده شده لازم است جرم جسم M تعیین شود . از چه راه ساده‌تری میتوان این کار را انجام داد؟

۸۰ـ دوسیم پیچ روی هسته آهنی مداربسته‌ای سوار شده است . چگونه میتوان تعداد دور هریک را تعیین نمود در صورتیکه منبع جریان برق متناوب ، قرقره سیم با پوشش عایق وولت‌متر خیلی حساس با چند ردیف تقسیمات در دسترس باشد؟

۸۱ـ لازم است طول وجرم سیم مسی سیم‌پیچ یک مغناطیس برقی بدون بازکردن سیم‌های آن تعیین شود . آیا با داشتن منبع برق ، ولت‌متر ، آمپرمتر و میکرومتر میتوان این کاررا انجام داد؟

۸۲ـ بکمک خط کش، پوار لاستیکی ، ترازوی دقیق با مجموعه وزنه‌ها و یک قطره جیوه چگونه میتوان قطرداخلی یک لوله‌موئی شیشه ای همگن مثلا" لوله موئی حرارت سنج معمولی را تعیین کرد؟

توضیح آنکه خط کش خیلی نادقیق‌تر از آنست که بتوان بمنظور اندازه‌گیری مستقیم قطر ، از آن استفاده نمود .

۸۳ـ آزمایشگری برای اندازه‌گیری سرعت گلوله تفنگ ، یک الکتروموتور با دور معلوم ، دو عدد دیسک مقوائی ، چسب ، خط کش و نقاله در اختیار دارد .

او چگونه باید از این مجموعه اشیا استفاده نماید؟

۸۴ـ پیشنهاد میگردد وزن یک جسم بکمک سه پایه ، فنر ، خط کش و یک عدد وزنه بوزن معلوم تعیین شود . چگونه میتوان این کار را کرد؟

۸۵ـ تخته چوبی ، چوب چهارگوش و خط کش در اختیارشماست . طریقه‌ای جهت تعیین ضریب اصطکاک چوب با چوب بیاندیشید بشرطیکه فقط از این اشیا استفاده گردد .

۸۶ـ بکمک نیروسنج چطور میتوان ضریب اصطکاک چوب چهارگوشی را با سطح شیبدار زیرآن تعیین نمود؟ شیب سطح ثابت است و چندان

زیاد نیست بطوریکه بدون اثر نیروی خارجی ، چوب از روی سطح بطرف پائین نمیلغزد .

۸۷ـ معمولاً برای تعیین جرم اجسام از ترازو و مجموعه وزنه استفاده میشود. اگر ترازو نباشد چکار باید کرد؟ یکی از روشهای (توزین) جسم بدون ترازو در مسئله شماره ۷۹ بررسی شده است. حالا باید روش دیگری اختراع شود چون فقط یک وزنه موجوداست و بجای دستگاه شکل ۱ پیشنهاد میگردد از یک کلاف ریسمان نازک ولی محکم ، بلوک سبک و ثانیه شمار استفاده شود .

۸۸ـ بکمک چراغ الکل ، قوطی محتوی آب ،گرماسنج * ،دماسنج و پیمانه چگونه میتوان جرم یک شمش فولادی کوچک را تعیین نمود؟ استفاده از کتاب راهنمای فیزیک مجاز است . جرم و جنس گرماسنج هم معلـوم است .

۸۹ـ بکمک اشیای نامبرده در مسئله قبلی چگونه میتوان بطور تقریب درجه حرارت یک شمش فولادی خیلی داغ را تعیین نمود در صورتیکه دماسنج مذکور حداکثر تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد قابل استفاده باشد؟

۹۰ ـ یک باطری با نیروی الکترو موتوری و مقاومت داخلی مجهول ،آمپرـ متر ، سیمهای رابط ودومقاومت که یکی معلوم ودیگری مجهول است در اختیار داریم . مقدار مقاومت مجهول را چگونه می توان تعیین کرد ؟

۹۱ ـ یک پیل " گرهنه" ** یعنی پیلی که الکترودهای آن از ذغال و روی است و مایع الکترولیت آن از اسید سولفوریک محلول در آب با مقداری بیکرومات پتاسیم (ماده دپولاریزه‌کننده) است و همچنین یک ترازوی دقیق با مجموعه وزنه‌ها ، رئوستا یا مقاومت متغیر ، آمپرمتر

---

* گرماسنج ابزاریست جهت تعیین گرمای ویژه مواد (مترجم)

** نام مخترع پیل است (مترجم)

خط کش، کتاب راهنمای فیزیک و نقشه جغرافیائی منطقه مسکونی شما در اختیارتان هست. بکمک اشیاء مذکور چگونه میتوانید سرعت متوسط رفت و برگشت دوست خودتان را با دوچرخه بین شهر و دهکده نزدیک آن تعیین نمائید؟

۹۲ـ مدار برقی پیچیده‌ای از تعدادی خازن یکسان تشکیل شده که دارای ظرفیت معلوم C بوده و بطور سری و موازی بهم وصل شده‌اند. اول ظرفیت این مجموعه خازن‌ها را بطریق نظری محاسبه کردند. بخاطر پیچیدگی مدار طبیعی است اگر مقدار نظری ظرفیت از طریق آزمایش تحقیق شود. برای این منظور پیشنهاد میشود از تعدادی مقاومتهای یکسان ، ولتمتر، آمپرمتر و باطری استفاده شود. چکار باید کرد؟

۹۳ـ بکمک یک کلاف سیم مسی، ترازوئی با مجموعه وزنه‌ها، باطری، ولتمتر، آمپرمتر و کتاب راهنمای فیزیک چگونه میتوان حجم اطاق درس را تعیین نمود؟

۹۴ ـ طریقه ای جهت تعیین‌حجم اطاق‌درس بیندیشید اگر از اشیای‌ذکر شده‌درمسئله قبل‌میتوان فقط ازکلاف‌سیم ومجموعه وزنه‌هااستفاده‌کرد

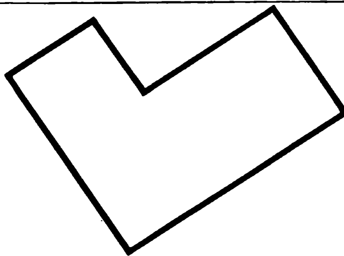
۹۵ـ یک‌دیاپازن ساخته شده از اینوار (آلیاژی با ضریب انبساط حرارتی ناچیز) دارای فرکانس ۴۴۰ هرتز میباشد که عملا" به درجه حرارت بستگی ندارد. لوله ارگ نیز در صفردرجه سانتیگراد ۴۴۰ بار در ثانیه نوسان دارد و طول لوله با تغییر درجه حرارت تغییر نمیکند. باشمارش تعداد ضربه‌های نوسانی بین دیاپازن و لوله ارگ چطور میتوان درجه حرارت هوای آزمایشگاه را تعیین نمود؟

۹۶ــ بدون استفاده از هیچ ابزار یا جسم دیگری چگونه میتوان فهمید که آیا اره فولادی مغناطیسی شده است یا نه؟

۹۷ــ طریقه‌ای جهت تعیین مساحت صفحه متجانس دارای شکل غیر منظم بکمک مثلث مدرج ، قیچی و ترازوئی با مجموعه وزنه ها پیشنهادکنید.

۹۸ــ ظرفی با مقداری ماده مذاب و یک تکه از همان ماده در حالت جامد داده شده است. بدون منتظر شدن انجماد ماده مذاب چگونه میتوان پیش‌بینی کرد که در موقع انجماد جسم مذاب چه رخ خواهد داد؟

۹۹ــ فقط با کمک خط کش فاقد تقسیمات چگونه میتوان مرکز ثقل یک صفحه متجانس قایم الزاویه (شکل ۲) را تعیین نمود؟



شکل (۲)

۱۰۰ــ باکمک یک‌آهن‌ربای قوی (که بهتر است بشکل نعل باشد) چگونه میتوان تشخیص داد که لامپ برق از جریان برق مستقیم یا متناوب تغذیه میشود.

۱۰۱ــ روی‌یک وات‌متر (وسیله مخصوص اندازه‌گیری توان مصرف برق دستگاههای برق) دو جفت محل اتصال دارد که دو سیم‌پیچ وات متر به آنها وصل شده است ــ یکی سیم‌پیچ شدت جریان که بطور سری به دستگاه وصل شده و لذا مقاومتش کم است و دیگری سیم‌پیچ فشارجریان که بطور موازی وصل شده است. علامتهای کنار محل اتصال وات‌متر از بین رفته است. آیابدون‌باز کردن وسیله میتوان بکمک دو هادی برق و یک چراغ قوه جیبی تعیین کرد کدام سیم‌پیچ

به کدام محل اتصال وصل شده است ؟

۱۰۲ــ بکمک ولت‌مترچگونه میتوان تعیین کرد که منبع برق خط دو سیمی انتقال برق در کدام طرف است ؟

۱۰۳ــ تراشکار کم تجربه‌ای تعدادی قطعه اشتباهی تراشکاری نمود که در نتیجه وزن هر قطعه ۱۰ گرم کمتر از وزن مورد نظر از کار درآمد. قبل از ارسال برای ذوب مجدد ، قطعات اشتباهی در جعبه‌ای کنار ۹ جعبه عین همان جعبه منتها محتوی قطعات بی نقص و دارای وزن صحیح در انبار نگهداری شد.

انباردار فراموشکار فراموش کرد قطعات اسقاط در کدام جعبه است. البته این موضوع را بآسانی میتوان از طریق توزین یک قطعه ازهرجعبه روشن کرد ولی ممکن است نوبت توزین قطعه اسقاط بعد از قطعات سالم برسد و آنگاه لازم شود عمل توزین ۹ دفعه تکرار گردد (توزین قطعه از جعبه دهم واجب نیست چون اگر قطعات اسقاط در ۹ جعبه اول نباشد حتما در آخرین جعبه است) .

ضمنا" متصدی انبارآمد وگفت که برای پیداکردن جعبه مورد نظر یک مرتبه توزین کافی است.

پس انباردار بچه طریقی باید عمل کند؟

۱۰۴ــ قطعه‌ای در سه نظام دستگاه تراش بسته شده و میچرخد. بدون متوقف کردن دستگاه چگونه میتوان سطح قطعه را بازدید کرد؟

۱۰۵ــ الکتروموتور کلکتوری جریان متناوب با تحریک سری از طریق رئوستا (مقاومت متغیر) به شبکه برق وصل شده بطوریکه دور آن را میتوان بطور ملایم تغییر داد.

با در اختیار داشتن لامپ نئون ، پرگار ، خط‌کش ، مداد ، چسب ، قیچی و یک ورق مقوا چگونه میتوان موتوررا برای دورهای زیر تنظیم کرد :

الف) ۷۵۰ دور در دقیقه ، ب) ۱۵۰۰ دور در دقیقه؟

۱۰۶ــ فضانوردی که پا به فضای اطراف سفینه گذاشته میخواهد به سفینه برگردد. در روی زمین این کاراشکالی ندارد، کافی است آدم بطور ساده قدم بردارد ولی در فضا همه کارها پیچیده‌تر است چون تکیه‌گاهی برای پا وجود ندارد. پس فضانورد چگونه میتواند از جا تکان بخورد؟

۱۰۷ــ برای تعیین جرم اجسام از ترازوی اهرمی و یا از ترازوی فنری استفاده میشود. بنظر میرسد که در شرایط بی‌وزنی مثلا" در ماهواره کوچک زمین یا در سفینه‌فضائی که با موتورهای خاموش در حرکت باشد هر دو نوع ترازو نمیتوانند کار کنند. باوجود این، اگر به شما پیشنهاد میکردند بکمک ترازوجرم یک جسم را تعیین کنید چکار میکردید؟

برای اینکار ازکدام ترازو ــ اهرمی یا فنری ــ و بچه طریق باید استفاده کرد؟

۱۰۸ــ سفینه فضائی به یک سیاره ناشناس نزدیک شد و با خاموش کردن موتورها در مدار دایره‌ای قرار گرفت. فضانوردان مشغول پژوهشهای اولیه شدند. آیا آنها میتوانند چگالی متوسط ماده سیاره را فقط بکمک ساعت تعیین کنند؟

۱۰۹ــ فضانوردان برای تعیین شتاب ثقل سیاره جدید الاکتشاف از طریق آزمایش تصمیم گرفتند از اشیای زیر استفاده کنند:

گلوله فولادی، لامپ قوی، الکتروموتوربا دور ثابت و معلوم، دیسک مقوائی با شیار باریک شعاعی که روی محور الکتروموتور سوار است، یک قطعه پارچه مشکی، خط کش مدرج و دوربین عکاسی با فیلم خیلی حساس.

برای حل این مسئله چگونه باید از اشیا نامبرده استفاده کرد؟

۱۱۰ــ بکمک وزنه با وزن معلوم و ترازوی فنری یعنی نیروسنج چگونه میتوان مسئله قبل را حل کرد؟

۱۱۱ـ فضانوردان با موشک فضائی به سیاره‌ای رسیدند و تصمیم گرفتند جرم آن را تعیین کنند. آنها برای این منظور ازترازوی فنری و وزنه یک کیلوئی استفاده کردند. فضانوردان چگونه به این هدف رسیدند توضیح آنکه اندازه شعاع سیاره را در نتیجه محاسبات نجومی قبلی میدانستند.

۱۱۲ـ فضانوردان در ادامه پژوهش سیاره‌ای که تازه به آن رسیده بودند دوباره (رجوع شود به مسئله شماره ۱۰۸) دست به تعیین چگالی متوسط آن زدند. نشان دهید آنها با داشتن نخ نازک بطول معلوم، وزنه کوچک و ساعت چطور می‌توانند این کار را بکنند. ناگفته نماند که فضانوردان طول خط استوای سیاره را میدانستند چون قبل از فرود توانسته بودند آنرا محاسبه نمایند.

۱۱۳ـ دانشیار یکی از کالجهای آمریکا ضمن تماشای برنامه تلویزیونی در منزل خود که به فرود آمدن فضانوردان در کره ماه اختصاص یافته بود متوجه شد که در کنار فضانوردی که از داخل سفینه خارج شده بودیک شیی سنگین به چیزی شبیه طناب آویزان و در نوسان است. با یک نگاه به ساعت خود، دانشیار توانست شتاب ثقل ماه را تعیین کند. وی چگونه این کار را انجام داد؟

۱۱۴ـ فضانوردان پس از رسیدن به یک سیاره ناشناس، چگونه میتوانند با کمک گالوانومتر حساس و یک کلاف سیم تعیین کنند که آیا سیاره دارای میدان مغناطیسی است یا نه؟

۱۱۵ـ فضانوردی‌که پا به‌فضای بیرون از سفینه نهاده وباسفینه یا اجسام دیگر پیوندی ندارد میخواهد ۱۸۰ درجه برگردد. برای این منظور باید چکار کند؟

۱۱۶ـ فرض کنیم در سیاره زهره زندگی پیدا شده و با مرورزمان موجودات عاقلی در آنجا پیدا شده باشند که نویسندگان کتاب‌های تخیلی علمی آنها را "شبه انسان" نامیده‌اند. با پیشبرد علم، آنها بخاطر شرایط ویژه محیط اطراف همیشه با مشکلاتی مواجه میشوند که برای ساکنان کره زمین وجود ندارد. مثلا" هوای زهره بقدری ابرآلود است که ساکنین زهره هرگز نمیتوانستندستاره‌ها و خورشید

را ببینند . این سئوال پیش میآید که آیا آنها میتوانستند به گردش
زهره به دور محور خود پی ببرند وجهت گردش آن را تعیین کنند؟
سعی کنید طریقهای برای این منظور پیشنهاد کنید .

کمک و راهنمائی

۱ ــ روی پیمانه خانگی چند ردیف تقسیمات مختلف جهت مواد گردی و سیلانی از قبیل آرد، بلغور گندم، شکر و غیره وجود دارد. این تقسیمات بر حسب گرم منظور شده است . یک ردیف تقسیمات برحسب سانتیمتر مکعب نیز جهت مایعات روی پیمانه وجود دارد.

۲ ــ خط کش را از وسط روی تکیه‌گاهی مثلا" سوهان سه‌گوش قرار داده و شرط تعادل اهرم را بیاد بیآورید.

۳ ــ اول قابلمه خالی و بعد قابلمه پراز آب را توزین کنید.

۴ ــ باین موضوع فکر کنید که چگونه میتوان یک صفحه را طوری عبور داد که استوانه را بدو قسمت متساوی الحجم تقسیم کند.

۵ ــ اول به این نکته فکر کنید که چرا در موقع باز شدن چتر نجات سرعت چترباز بطور فاحش تقلیل میابد.

۶ ــ اگر چوب را از مرکز ثقل روی تکیه‌گاهی قرار بدهیم در حالت تعادل خواهد بود.

۷ ــ گلوله‌ای که روی سطح مستوی میغلطد درهر دور مسافتی برابر با طول دایره خود طی میکند.

۸ ــ قطر گلوله راخیلی ساده میتوان برحسب حجم آن پیدا کرد.

۹ ــ چند دور سیم کیپ هم روی مداد بپیچید.

۱۰ ــ قانون ارشمیدس را بیاد آورید.

۱۱ ــ این مسئله را نیز باید بکمک قانون ارشمیدس حل نمود. میله فقط برای فروبردن چوب پنبه‌درآب لازم است.

۱۲ــ هرقدر چگالی جسم شناور بیشتر باشد بهمان نسبت حجم قسمت

بالای آب آن کمتر است .

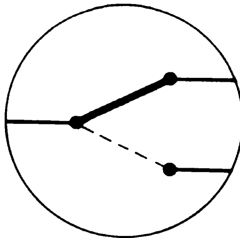
۱۳ـ در اساطیر آمده که ارشمیدس قانون خودرا در موقع تفکر باین مسئله کشف کرد که چگونه میتوان تعیین کرد که آیا زرگر در بارتاج پادشاه (هیرون) را از طلای خالص و یا مخلوط با نقره ساخته است .

۱۴ـ چوبی که کنار دیوار بوضع مایل‌گذاشته شود در صورتیکه زاویه میل آن نسبت به سطح زمین بقدر کافی کم باشد میلغزد و میافتد .

۱۵ـ عدسی دارای فاصله کانونی کمتر نیروی بصری بیشتری دارد .

۱۶ـ نیروی‌بصری دو عدسی نازکی که روی هم قرار گرفته‌اند مساویست با مجموع نیروهای بصری جداگانه .

۱۷ـ باحتمال قوی ساده‌تر است‌اگر برای حل مسئله از کلید برق یک قطبی استفاده شود (شکل ۳) .



شکل (۳)

۱۸ـ اگر قوطی از پشت بام خانه پرت شود صدای اصابت آن به زمین بوضوح شنیده خواهد شد .

۱۹ـ هر قدر قطر ظرف بیشتر باشد همانقدر کندتر پر میشود .

۲۰ـ ارتفاع فواره بستگی به سرعت جریان آب خروجی دارد .

۲۱ـ چگالی گاز به فشار آن بستگی دارد .

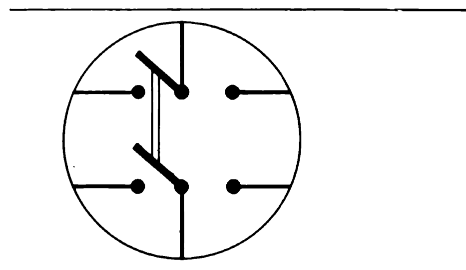
۲۲ـ ۲۴ـ در درجه حرارت ثابت حجم گاز با فشار گاز نسبت معکوس دارد .

۲۵ـ فرمولهائی را بیاد بیآورید که امکان بدهند مقادیر گرمای لازم برای گرم و تبخیر کردن ماده را محاسبه کنید .

۲۶ـ ۲۷ـ در موقع گرم کردن فلز ، مقاومت آن طبق قانون مستقیم افزایش میابد .

۲۸ـ مقدار مصرفی نیروی برق شبکه با توان دستگاه وصل شده و مدت کارکرد آن نسبت مستقیم دارد .

۲۹ـ امکان استفاده از کلید برق دوقطبی را امتحان کنید (رجوع شود به شکل ۴) .



شکل (۴)

۳۰ـ باین نکته فکر کنید که کدام نیرو مکعب را وامیدارد روی دایـره حرکت کند یعنی کدام نیرو نقش نیروی جاذب بطرف مرکز را بازی میکند .

۳۱ـ ۳۲ـ فرمول ریاضی محاسبه دوره تناوب حرکت آونگ را بیاد بیآورید .

۳۳ـ مدت سقوط جسمی را از ارتفاع نه چندان زیاد بآسانی میتوان حساب کرد .

۳۴ـ با وارد کردن نیرو درنقاط مختلف‌الارتفاع مکعب مستطیل سعی کنید آنرا بحرکت وادارید و رفتارش را مشاهده نمائید .

۳۵ـ از دو چرخ لنگربا جرم مساوی ، یکی که‌جرمش در طول محیط توزیع شده از دیگری که توپراست دیرتردور برمیدارد .

۳۶ ـحد گسیختگی سیم به جنس و قطر آن بستگی دارد .

۳۷ـ گلوله‌ای که روی سطح آئینه میغلطد مانند آونگ حرکت میکند .

۳۸ـ اگر طول بازوهای اهرم متفاوت باشد بچه میتواند با مرد متعادل شود.

۳۹ـ هرقدرمنبع صوت دورتر باشدهمانقدر صو ت دیرتر شنیده میشود .

۴۰ـ شعاع نوری در یک ثانیه ۰۰۰ ۳۰۰ کیلومتر وصوت کمی بیشتر از ۳۰۰ متر طی میکند .

۴۱ـ ازاین موضوع استفاده‌کنید که درمثلثهای متشابه ، اضلاع‌متناظرمتناسب

هم هستند .

۴۲ــ ماشینــها هر سرعتی که داشته باشند باید همان مسافت بین دو چراغ راهنمائی را طی کنند .

۴۳ــ از قانونهای دوم و سوم نیوتن استفاده کنید .

۴۴ــ به راهنمائی مربوط به مسئله شماره ۴۱ مراجعه نمائید .

۴۵ــ۴۷ــ هر قدر سرعت جسمی که در جهت صعودی مایل به افق پرتاب شود بیشتر باشد همانقدر ارتفاع اوج و طول برد آن بیشتر خواهد بود .

۴۸ــ بهراهنمائی مربوط به مسئله شماره ۴۱ مراجعه نمائید .

۴۹ــ دور سیمپیچی که جریان برق در آن جاریست حوزه مغناطیسی بوجود میآید که شبیه حوزه مغناطیسی اطراف آهنربا میباشد .

۵۰ــ باید نعلبکی با جیوه را بعنوان آئینه افقی بکار برد بنحویکه بتوان انعکاس سربرج را در آن دید .

۵۱ــ درجه حرارت غلیان به فشار بستگی دارد و فشار با افزایش ارتفاع کم میشود .

۵۲ــ رابطه درجهروشنائی با فاصله تا منبع نور را بکار ببرید .

۵۳ــ قانون اول نیوتن را بیاد بیآورید و این نکته را در نظر بگیرید که سکوی گردان را نمیتوان به عنوان دستگاه قیاسی دارای اینرسی مورد توجه قرار داد .

۵۴ــ روی سطح آب تمیز کف صابون بزنید و عمل آنرا مشاهده کنید .

۵۵ــ ۵۶ــ از قوانین اصلی دینامیک استفاده نمائید .

۵۷ــ این نکته را بیاد بیآورید که معمولا " قبل از آخرین اخبار علایم وقت دقیق پخش میشود .

۵۸ــ امکان استفاده از قانون بویل ــ ماریوت را امتحان کنید .

۵۹ــ ۶۰ــ باین واقعیت توجهکنید که اگر نخماهیگیری وزنهای در وسط داشته باشد هرقدر زیاد نخرا بکشید بازهم نمیتوانیدآنرا ناوضع کاملا "افقی بکشید.

۶۱ــ عبارت نیروی جاذب بطرف مرکز را تجزیه و تحلیل کنید .

۶۲ــ از محل سقوط سنگ امواجی بوجود میآیند که به ساحل میرسند .

۶۳ــ ۶۴ــ سرعت سقوط قطره نسبت به حرکت قطار یا اتومبیل برابر است

با حاصل جمع هندسی سرعت آن نسبت به زمین و سرعت زمین نسبت به وسیله نقلیه. وضع قرارگیری متقابل این سه بردار را بررسی کنید.

۶۵ـ ۶۷ـ نیروهای وارد بر وزنه آویزان به نخ را بررسی کنید.

۶۸ـ همه اجسام در اثر گرما منبسط میشوند.

۶۹ـ با ساختمان سرعت سنج و هدف کاربرد آن آشنا شوید.

۷۰ـ نیروهائی را باهم مقایسه کنید که برای حرکت دادن چوب چهار گوش روی سطح شیبدار در جهات بالا و پائین لازم است.

۷۱ـ آزمایش ارستد و قاعده پیچ را بیاد بیآورید.

۷۲ـ سرهادیهای برق را در آب فروبرده و مشاهده کنید چه پدیده‌هائی رخ خواهد داد.

۷۳ـ هادیهای برق را به محل اتصال باطری وصل کنید و سر آزاد آنها را میان سیب‌زمینی بریده شده فرو کنید.

۷۴ـ مدت غلطیدن حلقه بستگی به شیب جاده دارد.

۷۵ـ هردو آونگ را بنوسان وادارید و مشاهده کنید.

۷۶ـ پدیده لوله موئی و قوانین مربوطه را بیاد بیآورید.

۷۷ـ اگر یک آهن ربا در براده‌آهن فرو بریم براده‌ها بیشتر به قطبین میچسبند.

۷۸ـ نیروی بصری عدسی به ضریب شکست ماده‌ای بستگی دارد که از آن ساخته شده است.

۷۹ـ نیروهای یکسان به اجسام متساوی الجرم شتاب یکسان میدهند.

۸۰ـ ساختمان و اصل عمل ترانسفرمر را بیاد بیآورید.

۸۱ـ مقاومت و جرم هادی برق به قطر وطول آن بستگی دارد.

۸۲ـ جرم استوانه با ارتفاع و مجذور قطر آن نسبت مستقیم دارد.

۸۳ـ مادامی که گلوله بین دو دیسک سوار بر محور الکتروموتور در پرواز است دیسکها همچنان میچرخند.

۸۴ـ از قانون هوک استفاده کنید.

۸۵ـ چوب چهارگوش تا زمانیکه شیب سطح زیاد نشده سر نمیخورد.

۸۶ـ به راهنمائی مربوط به مسئله شماره ۷۰ مراجعه نمائید.

۸۷ـ ریسمان را در شیار بلوک قرار داده و به دوسرآن وزنه و جسم مورد

نظر را ببندید .

۸۸- ۸۹- مقدار گرمائی که برای تغییر دادن درجه حرارت یک جسم لازم است با جرم آن متناسب میباشد .

۹۰- از قانون اهم مربوط به مدار کامل استفاده نمائید .

۹۱- عبور جریان برق از پیل با تحلیل ماده الکترود منفی همراه است .

۹۲ - خازن برق در مدارهای جریان متناوب نقش مقاومت را ایفا میکند .مقدار مقاومت آن بظرفیتش و فرکانس جریان بستگی دارد .

۹۳- مقاومت هادی برق باطول آن نسبت مستقیم دارد .

۹۴- به راهنمائی مربوط به مسئله شماره ۳۶ مراجعه نمائید .

۹۵- در موقع حل این مسئله باید در نظر داشت که سرعت صوت و سرعت مولکولهای گاز اعدادی هم مرتبه هستند .

۹۶- اره را بدو قسمت بشکنید .

۹۷- جرم صفحه دارای ضخامت یکنواخت با مساحت آن متناسب است .

۹۸ -جسمی در مایعی شناور است اگر چگالی جسم از چگالی مایع کمتر باشد .

۹۹- مرکز ثقل دستگاهی که از دو جسم تشکیل شده روی خط مستقیم مار بر مرکز ثقل هر جسم قرار دارد .

۱۰۰- نیروئی بر هادی برق در حوزه مغناطیسی اثر میکند که جهت آن به جهت جریان برق بستگی دارد .

۱۰۱- مقاومت دوسیم پیچ وات متر باهم تفاوت زیادی دارند .

۱۰۲- اختلاف پتانسیل (سطح) دو سرقطعه سیم باشدت جریان برق آن قطعه متناسب است .

۱۰۳- اگر از سه قطعهایکهبدلخواه از جعبهها برداشته شود دو عدد اسقاط باشد وزن کل سه قطعه ۲۰ گرم کمتر و اگر فقط یک عدد اسقاط باشد وزن کل سه قطعه فقط ۱۰ گرم کمتر از وزن صحیح خواهد بود .

۱۰۴- به این واقعیت توجه کنید که بعد از هر دور ، قطعه در همان وضع قرار میگیرد .

۱۰۵- لامپ نئون وصل شده به شبکه برق متناوب ۱۰۰ بار در ثانیه روشن میشود .

۱۰۶ـ اصل عمل موشک را بیاد بیآورید .

۱۰۷ـ برای اولین بار آلبرت اینشتین بود که باین نکته توجه کرد که نیروهای اینرسی که در دستگاههای دارای حرکت شتابی بوجود میآیند با نیروهای گرانشی معادلند .

۱۰۸ـ عبارت نیروی جاذب بطرف مرکز را برحسب دوره گردش نوشته و عبارت بدست آمده را با نیروی‌گرانشی برابر بگیرید .

۱۰۹ـ نسبت مسافات طی شده یک جسم در حال سقوط در فواصل زمانی متساوی مانند نسبت اعداد تک متوالی میباشد .

۱۱۰ـ ازقانون دوم نیوتن استفاده کنید .

۱۱۱ـ قانون جاذبه عمومی را بیاد بیآورید .

۱۱۲ـ راهنمائی مربوط به دو مسئله قبل را بخوانید .

۱۱۳ـ از فرمول دوره تناوب آونگ ریاضی استفاده کنید .

۱۱۴ـ در اثر تغییر فلوی مغناطیسی در سیم پیچ نیروی الکتروموتوری القائی در آن بوجود میآید .

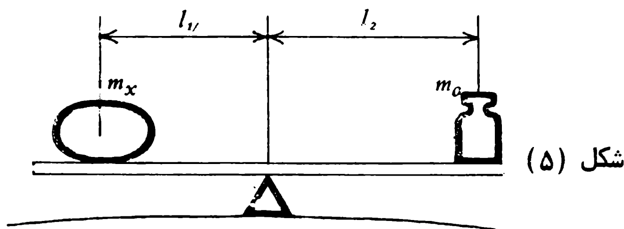
۱۱۵ـ اگر روتورالکتروموتور را ثابت کنیم استاتور آن بدوران میافتد در صورتیکه مانعی در میان نباشد .

۱۱۶ـ ویژگیهای ژیروسکوپ و آونگ را بیاد بیآورید .

حل مسائل

۱ ــ مقداری شکر درپیمانه (ساختمان پیمانه خانگی در فصل کمک ها و راهنمائی‌ها شرح داده شد) ریخته و جرم آنرا از روی تقسیمات مربوطه و حجم آنرا از روی تقسیمات مربوط به‌مایعات پیاد میکنیم . سپس چگالی از طریق معمولی محاسبه میشود . ولی مقدار بدست آمده اندکی از مقدار حقیقی کمتر است چونکه حجم بدست آمده محتوی فواصل بین ذرات شکر میباشد .

۲ ــ حل مسئله در شکل ۵ نشان داده شده است . باید خط‌کش را از وسط روی ضلع سوهان قرار داد که این امر نظر به تقسیمات موجود روی خط‌کش اشکالی ندارد . سپس وضع قرارگیری وزنه و جسم مورد آزمایش را تا برقراری حالت تعادل تمام دستگاه تنظیم میکنیم . آنگاه از شرط تعادل اهرم : $m_x g l_1 = m_0 g l_2$



شکل (۵)

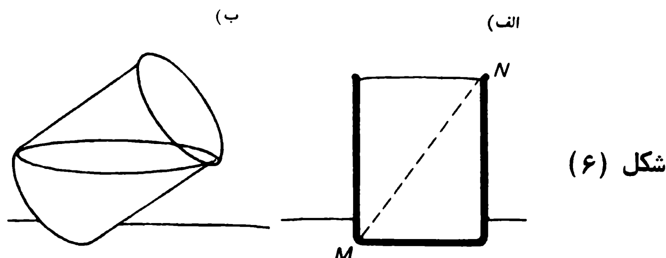
(g شتاب ثقل است) میتوان جرم مجهول m_x را پیدا کرد . مقادیر l_1 و l_2 را روی تقسیمات خط‌کش جدا میکنیم و m_0 بنا بر فرض مسئله برابر با ۱۰۰ گرم است . در تساوی بیان کننده شرط تعادل اهرم از وزن خط کش میتوان صرف نظر کرد چون گشتاور این نیرو نسبت به محور گردش برابر با صفر است .

برای جواب دادن به سئوال دوم مسئله باید دانست که وزن سکه مسی شوروی برحسب گرم و ارزش آن برحسب کپک یکی است .

۳ ــ اگر جرم قابلمه خالی m_1 و جرم قابلمه پراز آب m_2 باشد آنوقت اختلاف $m_2 - m_1$ جرم آب قابلمه میباشد . با تقسیم این اختلاف بر چگالی آب d حجم قابلمه V بدست میآید :

$$V = \frac{m_2 - m_1}{d}$$

۴ ــ اگر از نقاط M و N طوری که در شکل ۶ ــ الف نشان داده شده صفحهای عبور دهید استوانه را بدو قسمت متقارن و نتیجتا" متساوی الحجم تقسیم خواهد کرد و از همینجا حل مسئله ناشی میشود .



شکل (۶)

باید لیوان را کمکم متمایل کرده و مایع آن را بریزید تا لبه ته لیوان نمایان شود (شکل۶ ــ ب). در این لحظه درست نصفی از مقدار اولیه مایع باقی میماند .

۵ ــ به قوطی درحال سقوط دو نیروی جاذبه زمین و مقاومت هوا وارد میشود . اولیبه جرم بستگی دارد و برای قوطی پرتر بیشتر است . در عین حال دومی بازای سرعت یکسان در مورد هر دو قوطی یکی است . لذا در مورد قوطی پرتر برآیند این نیروها اصولا" بیشتر میباشد . بنابراین شتابش* بیشتر است ، زودتر سرعت میگیرد و به زمین میرسد .

---

* با افزایش جرم ، شتاب افزایش می یابد چون $\frac{P-F}{m} = \frac{mg-F}{m} = g - \frac{F}{m}$ که F نیروی مقاومت هوا می باشد .

بدین ترتیب باید همزمان دوقوطی را از بالکن پرت‌کرد. آن قوطی که زودتر به‌زمین میرسد محتوی تعداد بیشتری کبریت است. البته نتایج قانع کننده فقط در صورتی حاصل میشود که اختلاف تعداد چوب کبریت قوطی‌ها خیلی‌کم نباشد.

۶ـ البته ساده‌تر از همه مرکز ثقل چوب را میتوان از طریق متعادل کردن آن روی لبهٔ پنجه دست پیدا کرد. از قرار معلوم حالت تعادل نشان میدهد که مرکزثقل بالای نقطه اتکاء است. و اما یک راه‌حل جالبتر و آموزنده‌تر نیز وجود دارد.

اگر چوب را بطور افقی روی لبهٔ پنجه‌های دست قرار و دستها را بکندی بسوی هم حرکت دهیم همیشه درمرکزثقل بهم میرسند. درضمن مهم نیست چگونه دستهارا بهم نزدیک کنیم.

علت این پدیده اینست که بانزدیک کردن یک‌دست به‌مرکز ثقل فشار بیشتری برآن وارد میشود تا بردست دوم که از مرکز ثقل دورتراست. چون همزمان بافشار، نیروی اصطکاک افزایش میابد لذا از نیروی اصطکاک بین چوب و دست دوم تجاوز میکند و درنتیجه حرکت چوب نسبت به‌دست اول متوقف و نسبت به‌دست دوم آغاز میشود. بدین‌ترتیب مرکز ثقل همیشه بین کف دستها خواهد بود و آخر سر گیر خواهد افتاد.

۷ـ کافی است توپ را درآب‌تر کرده، و یک دور روی کف بغلطانیم و طول l اثر مرطوب را اندازه بگیریم. سپس قطر d را بافرمول

$$d = \frac{l}{\pi}$$

محاسبه میکنیم.

همچنین میتوان یک دور نخ بدور توپ روی خط‌استوا پیچید سپس طول نخ را اندازه‌گیری و قطر را بهمان طریق محاسبه نمود.

۸ـ اول از طریق معمولی بکمک پیمانه حجم V گلوله سپس بافرمول

$$d=\sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$$

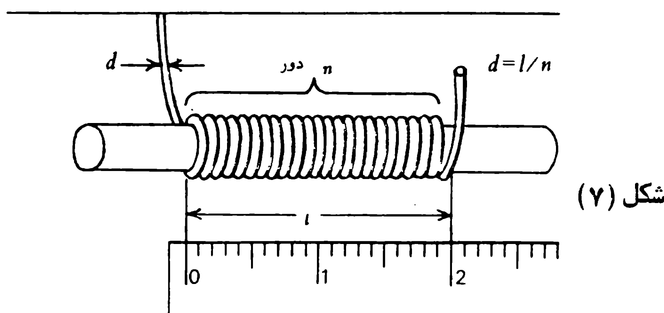
قطر d محاسبه میشود.

۹ـ در دفترهای دبیرستان ضلع هرخانه بطور نسبتا" دقیق برابر

نصف سانتیمتر می باشد (نگارنده چند دفتر بررسی کرد و تنها در بدترین مورد طول ۴۰ خانه بجای ۲۰۰ میلی متر استاندارد ۲۰۲ میلیمتر بود یعنی معادل دقت ۱%). از این موضوع میتوان برای حل مسئله استفاده کرد .
باید سیم را محکم دور مداد پیچید تا تعداد خانه‌ها را بطور کامل اشغال کند . درضمن تعداد دورها نباید کم باشد والا بطوریکه در زیر روشن میشود اشتباه قابل ملاحظه خواهد بود . بعد از این باتقسیم طول l که دورهای سیم روی آن خوابیده برتعداد n دورمقدار مجهول را بدست میآوریم :

$$d = \frac{l}{n}$$

(شکل ۷ را نگاه کنید که درآن بجای ورق دفتر ، خط کش نشان داده شده است .) در نظریه اشتباهات ثابت میشود که خطای نسبی یک کسر برابر است باجمع خطاهای‌نسبی صورت ومخرج . درموردی که باآن روبروهستیم l بادقت ۱% تعیین شده است (مراتب فوق را نگاه کنید) . در موقع شمارش تعداد دورها آزمایشگر ممکن است باندازه یک دور اشتباه کندچون در بیشتر موارد مشکل بتوان گفت کدام عدد در وسط است مثلا " ۴۹ یا ۵۰دور . لذا برای خطای نسبی مخرج ، عدد تقریبی ۰/۰۲ بدست میآید . بدین ترتیب قطر سیم باخطای نسبی ۳% و خطای مطلق ۰/۰۰۳ میلی‌متر بازای قطر ۰/۱ میلی‌متر تعیین خواهد شد که آنقدر هم بدنیست . متاسفانه خطای واقعی همیشه بیشتر خواهد بود چون پیچیدن حلقه‌های سیم درکنار هم مشکل‌است .



شکل (۷)

۱۰ـ چون جسم شناور است جرم آن برابراست باجرم آب هم حجم قسمت زیرآبی جسم . اول حجم آب رانده شده را پیدا میکنیم . برای این کار مساحت مقطع ظرف را که بکمک خط‌کش تعیین‌کرده‌ایم در مقدار تنزل سطح آب دراثر بیرون آوردن جسم (این مقدار نیز با خط کش تعیین میشود) ضرب میکنیم . باضرب کردن حجم آب رانده شده در چگالی آن، جرم آب و نتیجتا" جرم جسم شناور نیز حاصل میشود .

۱۱ـ چوب پنبه را درپیمانه انداخته و اعتلای سطح آب را اندازه گرفته جرم چوب پنبه را باهمان طریقی که درحل مسئله قبل بررسی‌شده پیدا میکنیم . حجم چوب پنبه را میتوان با غوطه‌ور کردن آن بکمک میله درآب تعیین نمود . سپس بآسانی می‌توان چگالی را محاسبه‌کرد.

۱۲ـ علاوه برطریقه مسئله قبل‌میتوان به‌طریقه دیگری نیز اشاره کرد . طول کامل چوب کوچک را اندازه گرفته سپس آنرا در آب فرو میبریم . فرض میکنیم طول کامل l_1 وطول زیرآبی l_2 باشد . آنگاه‌جرم چوب

$$m_1 = l_1 S d_1$$

که d_1 چگالی چوب و S مساحت مقطع عرضی چوب میباشد بدست میآید درعین حال جرم آب هم حجم چوب در زیرآب

$$m_2 = l_2 S d_2$$

میشود که d_2 چگالی آب است . چون چوب شناور است این جرم‌ها باهم برابرند :

$$l_1 S d_1 = l_2 S d_2$$

ازاینجا حاصل میشود :

$$d_1 = d_2 \frac{l_2}{l_1}$$

این نکته مهم است که چوب درحالت قایم یا کمی مایل شناور است چون اگر روی آب بخوابد حل مسئله بمراتب مشکلتر خواهد شد . برای اینکه چوب در حالت قایم شناور باشد ظرف استوانه‌ای باریک بکار میرود که جدار آن نمیگذارد چوب روی آب بخوابد .

۱۳ـ بین حجم فضای داخلی V وحجم درپوش V_2 وحجم شیشهآن، V_1ـ این رابطه بدیهی برقراراست :

$$V=V_2-V_1$$

جرم درپوش را با m_1 نمایش میدهیم . اگر در پوش در موقع توزین درآب غوطهور باشد (توزین هیدرواستاتیک) ترازو مقدار کمتری (m_2)رانشان میدهد چون طبق قانون ارشمیدس نیروی دافع در درپوش اثر میکند. بآسانی میتوان دریافت که کاهش ظاهری جرم بمقدار m_1-m_2 برابراست باجرم آب رانده شده. لذا با تقسیم این اختلاف برچگالی آب d_1، حجم آب رانده شده و درنتیجه حجم درپوش را پیدا میکنیم :

$$V_2=\frac{m_1-m_2}{d_1}$$

برای تعیین حجم شیشهٔ درپوش کافی است جرم درپوش برمقدار چگالی شیشهd_2استخراجشده از جدول فیزیک تقسیمگردد :

$$V_1=\frac{m_1}{d_2}$$

بالاخره بدست میآوریم :

$$V=\frac{m_1-m_2}{d_1}-\frac{m_1}{d_2}$$

۱۴ـ عصا را درحالت قایم روی ورق آهن قرارداده و درحالیکه با دست روی سرفوقانی آن فشار میآورید آنرا آهسته کج کنید (شکل۸) . در زاویه شیب معین α عصا شروع میکند به لغزیدن روی آهن. این موضوع در لحظهای پیش میآید که مولفه افقی نیروی F که به سر فوقانـــی عصا در امتداد آن وارد میشود با نیروی اصطکاک برابر میگردد مولفه افقی نیروی Fبرابراست با$F\cos\alpha$.درعین حال نیروی اصطکاک رامیتوان بصورت زیر بیان نمود :

$$F_1=k(P+F\sin\alpha)$$

که k ضریباصطکاکمطلوب، P وزنعصاو $F\sin\alpha$ قایم نیروی فشار F بر عصا است . این دو نیرو عصارا به ورق آهن فشارمیدهد . از برابری این نیروها بدست میآوریم :

$$k(P+F\sin\alpha)=F\cos\alpha$$

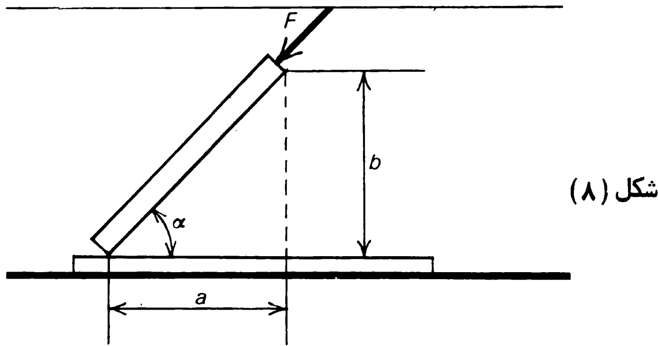
وازاینجا

$$k=\frac{F\cos\alpha}{P+F\sin\alpha}$$

چون بنابرفرض مسئله وزن چوب زیاد نیست از جمله اول مخرج کسر میتوان چشم پوشی کرد بویژه که نیروی F که آزمایشگر به‌سر فوقانی آن وارد میآورد فقط به‌امکانات او و استحکام عصا محدود است. لذا

$$k=\frac{F\cos\alpha}{F\sin\alpha}=ctg\alpha=\frac{a}{b}$$

بدین‌ترتیب برای تعیین ضریب اصطکاک کافی است فقط a و b اندازه‌گیری شود که این امر بکمک خط کش بآسانی انجام میگیرد.

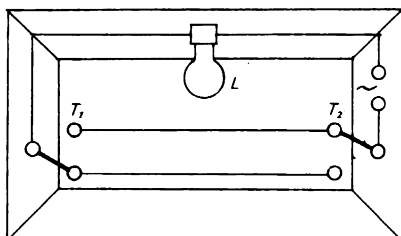


شکل (۸)

۱۵ــ عدسی‌ها را از دیوار دور نموده باید بحالتی رسید که تصویر فیلامان لامپ روی دیوار بطور واضح دیده شود. آن عدسی که دراین حالت به‌دیوار نزدیکتر است دارای نیروی بصری بیشتر میباشد.

۱۶ــ دو عدسی را باید روی یکدیگر قرارداد. اگر دستگاه بدست آمده اشعه را متمرکز کند دراینصورت نیروی بصری عدسی همگرا بیشتر است. در عکس این حالت، عدسی واگرا دارای نیروی بصری بیشتر میباشد.

۱۷ــ باید از دوکلید یک‌قطبی استفاده نمود. برای این منظور آنها را مطابق شکل ۹ به‌مدار ببندید.



شکل (۹)

۱۸ــ به‌پشت‌بام رفته قوطی را از دست رها کنید و درعین‌حال دکمه ثانیه‌شمار را فشاردهید . باشنیدن صدای اصابت قوطی به‌زمین ثانیه‌شمار را متوقف کنید . نشانداده‌ٔ عقربهٔ ثانیه‌شمار t عبارتست از حاصل جمع زمان سقوط قوطی t_1 و زمان سیر t_2 صدای اصابت آن به‌زمین تاگوش مشاهده کننده .

بین زمان اولی و ارتفاع h خانه رابطه زیر برقرار است :

$$h = \frac{g t_1^2}{2}$$

و رابطه بین h و t_2 بدینصورت میباشد :

$$h = c t_2$$

که c سرعت صوت است ، در محاسبات آنرا برابر ۳۴۰متر درثانیه قرار میدهیم . با تعیین t_1 و t_2 ازاین‌عبارت و قراردادن این مقادیر در فرمولی که t_1 و t_2 و t را باهم مربوط میسازد معادلهٔ اصم

$$\sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{h}{c} = t$$

را بدست‌میآوریم کهارتفاع خاندرامیتوان با آن پیدا کرد . در محاسبه تقریبی و بویژه اگر ارتفاع خانه کم باشد از جمله دوم طرف چپ میتوان چشم پوشی کرد . آنوقت باحذف آن بدست میآوریم :

$$h = \frac{g t^2}{2} \qquad \text{و} \qquad \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx t$$

۱۹ــ باکولیس ارتفاع h وقطر d_1 ظرف را اندازه‌گیری و حجم آن را محاسبه مینمائیم :

$$V = \frac{\pi d_1^2}{4} h$$

بعد از این باکمک ثانیه‌شمار زمان t را تعین‌میکنیم که طی آن قوطی پراز

آب جاری میشود .آنوقت مقدار Q آب‌جاری شده از شیر در واحد زمان بدست میآید :

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi d_1^2}{4} \times \frac{h}{t}$$

از سوی دیگر میتوان Q را بصورت حاصلضرب سرعت مطلوب v جریان آب در مساحت S مقطع شیر بیان نمود :

$$Q = Sv = \frac{\pi d_2^2}{4} v$$

که d_2 قطر شیر است .

از برابری جمله‌های طرف راست بدست میآوریم :

$$v = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \frac{h}{t}$$

چون d_2 را نیز میتوان بکمک کولیس اندازه گرفت مسئله حل شده‌است .

۲۰ــ شلنگ را قایم بطرف بالا گرفته و بکمک خط‌کش ارتفاع h جریان آب را تعیین‌میکنیم . آنوقت میتوان سرعت v حریان را بااستفاده از فرمول

$$v = \sqrt{2gh}$$

پیدانمود .

باضرب سرعت v بدست آمده در مساحت S مقطع سرشلنگ (که‌قطر آن d باهمان خط کش اندازه‌گیری میشود) مصرف Q آب یعنی مقدار جاری شده در ثانیه را پیدا میکنیم :

$$Q = vS = \sqrt{2gh}\, \frac{\pi d^2}{4}$$

سپس تعیین مدت زمان پر شدن مخزن امکان‌پذیرمیگردد چون ظرفیت V آن از اول معلوم بود :

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{4V}{\pi d^2 \sqrt{2gh}} \approx \frac{0.9\,V}{d^2 \sqrt{gh}}$$

۲۱ــ نیروی ارشمیدس درتمام اجسام واقع درهوا اثرمیکند و باوزن هوای‌هم‌حجم جسم برابراست . لذا نتیجه توزین توپ باد شده تا فشار p

را میتوان بصورت زیر درآورد :

$$M = M_1+M_2-m$$

که M_1 جرم‌روئی و توئی توپ، M_2 جرم‌هوای داخل توپ و m جرم هوای هم‌حجم توپ‌میباشد . بآسانی‌میتوان دید که اگر ازحجم روئی و توئی توپ (ودرنتیجه از نیروی ارشمیدس که دراین دواثر میگذارد) چشم‌پوشی کنیم درآنصورت دوجمله آخر در مورد توپی که هوای داخل آن تحت فشار جو قرار داشته‌باشد باهم برابرند و در نتیجه توزین ، جرم توئی و روئیM_1 بدست میآید .

نظر باینکه دراثر بادکردن توپ حجم V آن عملا" تغییر نمیکند آخرین جمله طرف راست و ، طبیعتا" ، اولین جمله‌نیز ثابت میماند . بدین ترتیب حاصل تفریق $M-M_0$ کهM وM_0 بترتیب‌جرم توپ بادشده تا فشار "موثر" p و جرم همان توپ تحت فشار جو p_0 میباشد و بکمک ترازو تعیین شده است درنتیجه تقسیم برحجم V توپ مقدار افزایش چگالی هوا از d_0 درفشارجو تا d درفشار مطلوب را بدست‌میدهد :

$$\frac{M-M_0}{V} = d-d_0$$

چون دراثر بادکردن توپ حجم آن تغییر نمیکند لذا افزایش چگالی گاز با افزایش فشار نسبت مستقیم دارد :

$$\frac{d}{d_0} = \frac{p}{p_0}$$

ازدو عبارت اخیر ، عبارت زیر را که شامل مقدار مطلوب میباشد بدست میآوریم :

$$p = \frac{p_0}{d_0}d = \frac{p_0}{d_0}\left(d_0+\frac{M-M_0}{V}\right) = p_0+\frac{p}{d_0}\cdot\frac{M-M_0}{V}$$

اختلاف جرم دراین‌عبارت بکمک ترازو تعیین میگردد و حجم توپ پس از اندازه‌گیری قطر آن بوسیله خط کش (به‌مسئله شماره۷ مراجعه‌شود) محاسبه میشود درصورتیکه مقادیر p_0 و d_0 از جداول بدست میآید و بترتیب برابراست با ۱ اتمسفر و ۱/۲۹۳کیلوگرم برمترمکعب . اگر نتیجه دقیقتری موردنظر باشد تغییر چگالی هوا برحسب درجه حرارت را نیز

باید درنظرگرفت یعنی بجای مقدار ۱/۲۹۳ درصفر درجه سانتیگراد باید آن مقدار چگالی را در فرمول قرار داد که بەدرجه حرارت هوا در آن لحظه مربوط است .

۲۲ ــ قبل از هرچیز ، برای اینکه لامپ نشکند با احتیاط پایه آن‌را برداشته و خود لامپ را کاملا " در آب فروکرده و بکمک خط‌کش اعتلای Δh_1 سطح آب ظرف را پیدا میکنیم . بعدازاین بدون آنکه لامپ را از زیر آب بیرون بیآوریم لولەشیشەای باریک را که هنگام ساخت لامپ برای تخلیه هوا ازآن و پرکردن آن از گاز خنثی بکار رفته میشکنیم . آنوقت مقداری آب داخل لامپ میشود و سطح آب ظرف پائین میرود و فقط بمقدار Δh_2 بالاتر ازسطح اولیه خواهد ایستاد . این اطلاعات برای حل مسئله کاملا " کافی است . در حقیقت‌هم ، گاز تحت فشار مطلوب p تمام حجم V_1 لامپ را اشغال میکرد . اگر از حجم جدار شیشەای لامپ چشم‌پوشی کنیم‌این حجم را میتوان بصورت حاصلضرب مساحت مقطع S ظرف در مقدار افزایش سطح آب بعداز غوطەور ساختن لامپ نوشت :

$$V_1 = S\Delta h_1$$

بعداز شکستن لوله شیشەای باریک لامپ ، فشارگاز داخل آن بافشار جو برابر شد (فشار ستون آب بالای لامپ غوطەور در مقابل فشار جو قابل اغماض‌است) و حجم آن‌تا $V_2 = S\Delta h_2$ تقلیل یافت . درجه حرارت گاز را ثابت تلقی نموده برمبنای‌قانون ((بویل ــ ماریوت)) می‌نویسیم :

$pS\Delta h_1 = p_0 S\Delta h_2$ کەازاینجا $$p = p_0 \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1}$$

بدست میآید .

تغییرات سطح آب با خط کش اندازەگیری میشودو p_0 باهواسنج تعیین میگردد و یا مساوی ۱ اتمسفر (۷۶۰میلیمتر ستون جیوه) فرض میشود .

۲۳ــ قبل از هرچیز ، مانند راەحل مشروح در فوق بااحتیاط پایه را از لامپ جدا کردەو سپس لامپ را وزن‌میکنیم . فرض کنیم جرم آن m_1 باشد . بعد لامپ را کاملا " درآب فروکرده و لولەشیشەای باریک آن را میشکنیم . وقتیکه آب داخل لامپ شد وفقط فضای پرازگاز تحت‌فشارجو p_0 ماند لامپ را از آب بیرون آورده و از نوجرم آن را تعیین میکنیم . فرض کنیم جرم لامپ باهمان‌مقدار آب مساوی m_2 باشد . حال لامپ را

کاملا" پر از آب نموده و از نوجرم را تعیین میکنیم . فرض کنیم که این جرم برابر m_3 باشد .

بآسانی میتوان دریافت که اختلاف $m_3 - m_1$ نماینده جرم آبی است که شیشهٔ لامپ را پر کرده است . باتقسیم این اختلاف بر چگالی آب ، حجم داخلی لامپ یا ، بدیگرسخن ، حجم گاز تحت فشار مطلوب p بدست میآید .

ازطرف دیگر اختلاف $m_3 - m_2$ بخش بر چگالی آب ، حجم همان گاز تحت فشارجو p_0 رابدست میدهد .

بافرض اینکه در موقع متراکم شدن گاز درجه حرارت آن تغییر نمیکند برمبنای قانون ((بویل ــ ماریوت)) میتوان نوشت :

$$p \frac{m_3 - m_1}{d} = p_0 \frac{m_3 - m_2}{d}$$

ازاینجا فشار مطلوب برابراست با :

$$p = p_0 \cdot \frac{m_3 - m_2}{m_3 - m_1}$$

۲۴ــ اگر لوله بطور قایم و سوراخ بطرف بالا قرار داده شود هوای داخل آن تحت فشار

$$p_1 = p_0 + dgh$$

قرارمیگیردکه p_0 فشارجو ، d چگالی جیوه ، g شتاب نیروی ثقل و h ارتفاع ستون جیوه میباشد . این فشار ، هوای درون لوله را تاحجم

$$V_1 = l_1 S$$

متراکم میکند (l_1 طول ستون هوا و S مساحت مقطع لوله است) .

فشار در داخل لوله قایم باسوراخ بطرف پائین

$$p_2 = p_0 - dgh$$

وحجم هوا

$$V_2 = l_2 S$$

بفرض اینکه درجه حرارت در هردو مورد یکسان است از قانون ((بویل ــ ماریوت)) داریم :

$$(p_0 + dgh)\, l_1 S = (p_0 - dgh)\, l_2 S$$

که‌ازاینجا

$$p_0 = dgh\frac{l_2+l_1}{l_2-l_1}$$

چگالی جیوه و شتاب ثقل ازجدول استخراج میشود و مقادیر l_1 ، l_2 و h را با خط‌کش اندازه میگیرند .
اگر فشار جو را برحسب میلیمتر ستون جیوه‌بیان کنیم فرمول بصورت ساده‌تری درمیآید :

$$p_0 = h\frac{l_2+l_1}{l_2-l_1}$$

۲۵ـ فرض میکنیم درقابلمه آب سرد شده تا صفر درجه‌سانتیگراد ریخته باشند (و تکه‌های ریز یخ هنوز در آب شناور باشد) . قابلمه را روی اجاق گاز قرار میدهیم و درعین‌حال وقت آن‌لحظه را ازروی ساعت میخوانیم . فرض میشود تالحظه جوش آمدن آب زمان t_1 و سپس تاتبخیر کامل تمام آب بازهم زمان t_2 بگذرد .
اگر در اثر سوختن گاز هر ثانیه q ژول تولید شود دراینصورت مقادیر حرارت Q_1 و Q_2 را که بترتیب برای گرم‌کردن‌آب و تبدیل آب گرم شده به‌بخار مصرف میشود می‌توان بصورت زیرنوشت :

$$Q_1 = mc(t_{100^\circ} - t_{0^\circ}) = 100mc = qt_1 ,$$
$$Q_2 = mr = qt_2$$

که m جرم آب قابلمه ، c گرمای ویژه آب و r گرمای تبخیر است .باتقسیم این‌دوتساوی بریکدیگر داریم :

$$\frac{100c}{r} = \frac{t_1}{t_2}$$

وازاینجا

$$r = 100c\,\frac{t_2}{t_1}$$

چون بحساب آوردن ضایعات گرما (بصورت تشعشع در محیط اطراف ، برای گرم کردن جسم قابلمه و غیره) بطور دقیق امکان‌پذیر نیست نتیجه بدست‌آمده چندان دقیق نمیباشد .

۲۶ـ باطری، کلاف سیم و آمپرمتر را بطور سری نسبت به یکدیگر و ولت‌متر را طوری وصل میکنیم که فشار برق روی کلاف سیم را نشان دهد. نتایج اندازه‌گیری دستگاه‌ها را ثبت و مقاومت کلاف در درجه حرارت اطاق را محاسبه میکنیم :

$$R_t = \frac{U}{I}$$

سپس از بیرون برف میآوریم و کلاف را درآن فروکرده کمی منتظر میشویم تا برف شروع کند به‌آب شدن و درجه حرارت سیم بابرف یکسان گردد وباهمان فرمول مقاومت R_0 سیم را در درجه حرارت آب شدن برف یعنی درصفردرجه سانتیگراد تعیین میکنیم . سپس باکاربرد رابطه بین مقاومت هادی و درجه حرارت آن

$$R_t = R_0(1+\alpha t)$$

درجه حرارت هوای اطاق را پیدا میکنیم :

$$t = \frac{R_t - R_0}{R_0 \alpha}$$

درمحاسبه ازمقدار ضریب حرارتی مقاومت α که از کتاب مرجع بدست میآید استفاده میشود . در درجه حرارت اطاق $\alpha = ۰/۰۰۴۳ \frac{۱}{\text{درجهٔ حرارت}}$

اگر مقدار ناخالصی مس سیم خیلی زیاد نباشد و ابزار برقی اندازه‌گیری دارای درجه دقت ۱٪ . باشد*دراینصورت تعیین درجه حرارت هوا باخطای خیلی کمتر از ۱درجه امکان پذیر است .

۲۷ـ از طریقی که درحل مسئله قبل بررسی شده مقاومت سیم را اول در درجه حرارت آب شدن یخ (R_0) وسپس در درجه حرارت مطلوب (R_t) و بالاخره درآب جوش(R_{100}) تعیین میکنیم . بعداز این از دستگاه معادلات

$$R_t = R_0(1+\alpha t), \qquad R_{100} = R_0(1+100\alpha)$$

---

* اینگونه ابزار خیلی خوب است ، درجه دقت ابزارهای صنعتی معمولا " ۰/۵ ، ۱/۰ و حتی ۲/۰ می باشد .

میتوانیم هم ضریب حرارتی مقاومت

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100 R_0}$$

و هم درجه حرارت هوای اطاق را تعیین کنیم :

$$t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} 100$$

۲۸ـ با استفاده از لامپ برق و کنتور که در متن مسئله ذکر گردیده مدت گردش دختر را میتوان از طریق زیر تعیین نمود :

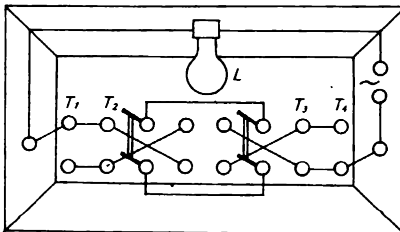
درلحظه رفتن دختر پدرش باید لامپ را روشن و درعین‌حال عدد را از روی صفحهٔ کنتور یادداشت کند. بامراجعت دختر عدد بعدی نیز ثبت میگردد. بادانستن مقدار مصرف برق A میتوان مدت گردش t را از عبارت

$$t = \frac{A}{N}$$

محاسبه کرد که N توان لامپ برق است که روی پایه یا شیشهٔ لامپ نوشته شده است. در کنتور خانگی بازای مصرف ۱کیلو وات ساعت‌نیرو دیسک کنتور ۱۲۵۰ دور میزند. بدین‌ترتیب بازای‌توان لامپ ۱۰۰وات دیسک در ظرف ۱ ساعت باید ۱۲۵ دور بزند که تعیین تعداد دور از روی صفحهٔ کنتور مشکل نیست چون دور دیسک بصورت اعداد صحیح در صفحه کنتور پیدا میشود .

۲۹ـ ساده‌ترین راه‌حل مسئله در حالتی که لامپ رابتوان از چهار محل مختلف روشن وخاموش کرد درشکل ۱۰ نشان داده شده است .

بوضوح دیده میشود که بااضافه کردن چند کلید برق می توان مداری تشکیل داد که امکان بدهد دستگاه را از تعداد دلخواه نقاط مختلف روشن و خاموش کنیم .



شکل (۱۰)

۳۰ـ برای اینکه مکعب بجرم m باتفاق صفحه‌گردان در مسیر دایره‌ای بشعاع R با سرعت n دور درثانیه بچـرخد باید نیروی جاذب بطرف مرکز

$$F=\frac{mv^2}{R}=4\pi^2n^2mR$$

ازطرف صفحه‌گردان برآن وارد شود که v (سرعت خطی مرکز ثقل مکعب میباشد. از عبارت فوق پیداست که بازای سرعت زاویه‌ای ثابت، نیروی جاذب بطرف مرکز باید با افزایش شعاع چرخش بطور یکنواخت افزایش یابد. ضمنا" نیروی اصطکاک F_l که‌نقش نیروی جاذب بطرف مرکز را ایفا میکند نمیتواند از مقدار

$$F_l=kmg$$

تجاوز کند که k ضریب اصطکاک و g شتاب نیروی ثقل است.
مقدار بحرانی R_c که‌بازای آن مکعب دیگر روی صفحه‌گردان نمانده و پرت میشود با خط کش اندازه‌گیری میگردد. عبارات فوق را مساوی هم قرارداده و پیدا میکنیم:

$$k=4\pi^2n^2R_c\frac{l}{g}$$

مقدار n دراین عبارت معلوم و برابراست با ۳۳ یا ۴۵ و یا ۷۸ دوردردقیقه.

۳۱ـ وزنه را به‌انتهای نخ بسته آونگی درست می‌کنیم که طول آن برابر ارتفاع سقف اطاق میباشد. چون جرم نخ کم است این آونگ را میتوان بعنوان آونگ ریاضی تلقی نمود یعنی میتوان ازرابطه بین دوره‌نوسان T و طول l و شتاب نیروی ثقل g بصورت زیراستفاده‌کرد:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

بعد از تعیین دوره نوسان آونگ بکمک ساعت (برای این‌منظور کافی است تعداد نوسانات آونگ را طی مدت زمان‌نسبتا" طولانی بشماریم و برطول آن مدت تقسیم کنیم) طول نخ l یعنی ارتفاع سقف را با فرمول فوق محاسبه می‌کنیم و ضمنا" مقدار g رابنسبت مدار جغرافیائی محل از کتاب راهنما پیدا مینمائیم یا اینکه برای سادگی آنرا مساوی ۹/۸متر برثانیه^۲ قرارمیدهیم. از همان طریق، طول وعرض اطاق و سپس باضرب این اعداد حجم اطاق را بدست میآوریم. اگر طول آونگ زیاد از حد باشد (اگر اطاق بزرگ باشد)

و اندازه‌گیری دوره‌نوسان آن توام با اشکال باشد میتوان با تاکردن نخ از وسط نیمه اندازهٔ مطلوب را تعیین نمود .

۳۲ـ ساده‌ترین راهی که بنظر میرسد چنین است . با تغییر دادن تدریجی طول آونک ساخته شده با نخ و گلوله به‌حالتی میرسیم که دوره نوسان آونگ با دوره نوسان مترونوم یکسان میشود . سپس طول نخ l و شعاع گلوله Rرا اندازه گیری کرده میتوان از فرمول

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l+R}{g}}$$

دوره نوسان آونگ را محاسبه نمود که‌برابر بادوره نوسان مترونوم خواهد بود . این عمل را باید برای‌تعداد هرچه بیشتر حالات وزنهٔ مترونوم انجام داد . همچنین میتوان طول نخ را تغییر نداد . دراینصورت دورهٔ تناوب حرکت آونگ تنها یک دفعه محاسبه میشود . سپس بازای هرحالت وزنه مترونوم این موضوع تعیین‌میگردد که تعداد نوسانات کامل آونـگ معادل چند ضربه مترونوم میباشد . باضرب کردن تعداد نوسانات آونگ در دورهٔ نوسان آن ، مدت زمان کار مترونوم را پیدا میکنیم . باتقسیم این‌مقدار برتعداد ضربات مترونوم دورهٔ نوسان آنرا تعیین میکنیم . این راه‌حل بعدا" در شرح مسئله شماره۷۵ بررسی خواهد شد .

۳۳ـ نردبان را کنار دیوار عمارت بلندی قرارداده و در ارتفاع۴/۹ متری زمین علامتی روی‌دیوار میگذاریم . طول مدت سقوط سنگ از آن ارتفاع برابراست با

$$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\cdot 4{,}9\,\mathrm{m}}{9{,}8\,\mathrm{m/s^2}}}=1\,\mathrm{s}$$

حال چیزیکه میماند باید چنان وضعی برای وزنهٔ مترونوم انتخاب نمود که درمدت سقوط سنگ ، آونگ مترونوم یک نوسان کامل بکند .

۳۴ـ اگر در ارتفاع کم h بالای قاعدهٔ مکعب مستطیل نیروی افقی F (رجوع شود به‌شکل ۱۱) را وارد کنیم واین‌نیرو ازحداکثر نیروی‌اصطکاک $F_l=kP$ بیشتر باشد مکعب مستطیل بحرکت میآید ولی اگر این نیرو در ارتفاع نسبتا" زیاد وارد شود مکعب مستطیل ممکن است از جا تکان نخورده چپه شود . این امر موقعی صورت میگیرد که گشتاور نیروی F نسبت

به‌محوریکه، مثلاً"، قایم برصفحه نقشهٔ شکل از نقطهٔ A عبور کند از گشتاور نیروی ثقل P نسبت به‌همان محور بیشتر شود:

$$Fh>P\frac{a}{2}$$

که a عرض مکعب‌مستطیل است.

لازم است‌نقطهٔ اثر نیروی F را که نقطه بحرانی بین دوحالت است پیدا کنیم. آنگاه ضریب اصطکاک را میتوان باحل دستگاه

$$F=kP, \quad Fh=P\frac{a}{2}$$

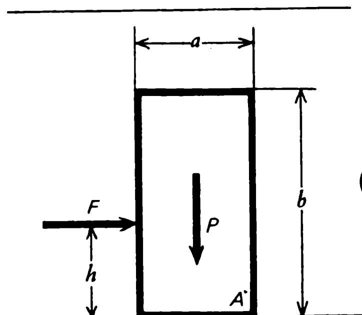
پیدانمود:

$$k=\frac{a}{2h}$$

ازاینجا برمیآید که تعیین ضریب اصطکاک از طریق آزمایش تنهادرصورتی ممکن است که ارتفاع مکعب مستطیل b واجد شرط

$$b>\frac{a}{2k}$$

باشد.



شکل (۱۱)

۳۵ــ اگرگوی‌ها را کنارهم روی سطح شیبدار قرارداده و رها کنیم گوی مسی در موقع غلتیدن به‌پائین ازگوی آلومینیمی عقب میماند. علت این پدیده آنستکه درحرکت چرخشی (حرکت غلتشی را میتوان بعنوان ترکیبی از حرکت انتقالی و حرکت چرخشی‌تلقی نمود) نه‌جرم جسم بلکه لنگرلختی آن تعیین کننده شتاب جسم میباشد.

لنگرلختی گوی مسی بیشتر است چون عناصر جزئی آن بطور متوسط دورتر از محور چرخش واقع است. (درباره لنگرلختی میتوان درهرکتاب درسی فیزیک جهت‌مدرسهٔ عالی خواند).

۳۶ــ باید تیرچه را از وسط طولش روی تکیه‌گاهی قرارداد (مثلا، روی‌پشتی صندلی آن را متعادل سازید) و به‌یک انتهای آن، جسم مورد

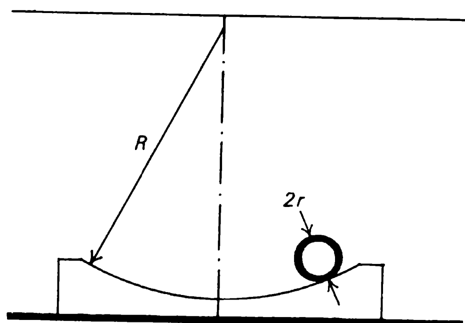
توزین را بست . حلقه‌ای از سیم روی انتهای دوم اهرم انداخته میشود . با کشیدن سیم بطور قایم در سمت پائین بآسانی میتوان دستگاه رابحالت تعادل آورد . هرقدر حلقه به‌تکیه‌گاه نزدیکتر باشد همانقدر نیروی متعادل کنندهٔ بیشتری لازم است و اگر فاصله تا تکیه‌گاه نسبتا" کم باشد این نیرو ممکن است از حد استحکام سیم تجاوز وسیم را پاره‌کند . بااستفاده از شرط تعادل اهرم ، برای لحظهٔ پارگی میتوان نوشت :

$$Pl_1 = \frac{\pi d^2}{4} \sigma l_2$$

که P وزن مطلوب جسم ، l_1 فاصله جسم مورد توزین تا محوراهرم ، d قطر سیم ، σ حدگسیختگی مس و l_2 فاصلهٔ حلقه تا تکیه‌گاه میباشد .
فواصل l_1 و l_2 از روی تقسیمات تیرچه و σ ازکتاب راهنما بدست میآید .
برای تعیین قطر سیم از طریقه‌ای استفاده میشود که ماهیت آن بامشاهده شکل ۷ واضح است و تیرچه دوباره بعنوان خط کش بکار میآید .

۳۷ــ باید آینه را در وضع افقی قرارداد و گلوله را روی آن گذاشت . اگر گلوله خارج از پائین‌ترین نقطه قرارداده شود روی سطح آینه بحرکت خواهد آمد . بآسانی میتوان پی‌برد که اگر گلوله بدون چرخش حرکت کند (یعنی روی سطح آینه سربخورد) درآنصورت حرکت آن کاملا" شبیه حرکت آونگی خواهد بود که طول نخ آن با $R-r$ (شکل ۱۲) برابراست . آنوقت از فرمول آونگ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R-r}{g}}$$



شکل (۱۲)

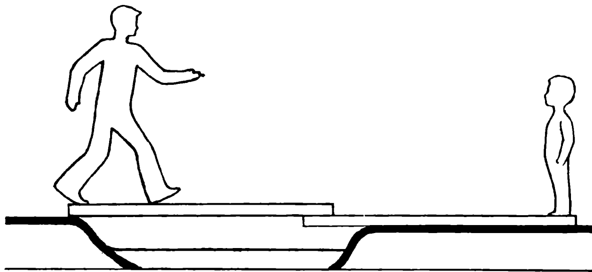
میتوان مقدار موردنظر را یافت :

$$R=\frac{gT^2}{4\pi^2}+r$$

دورهٔ نوسان T بکمک ثانیه شمار تعیین میشود درصورتیکه r طبق فرض مسئله معلوم است . نظربه اینکه معمولا" اصطکاک بقدر کافی زیاداست بطوریکه گلوله روی سطح آینه باچرخش حرکت میکند این جواب باتجربه چندان سازگار نیست . درواقع

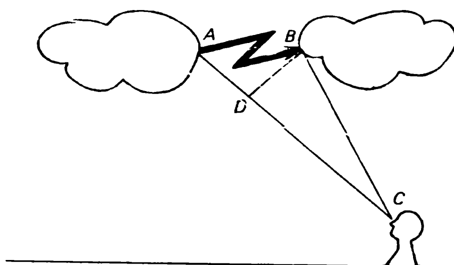
$$R=\frac{gT^2}{5{,}6\pi^2}+r \quad و \quad T=2\pi\sqrt{\frac{1{,}4(R-r)}{g}}$$

۳۸ـ آنها باید مانند شکل۱۳ رفتار کنند . اول مرد از روی تختهها عبور کرده و درجای کودک قرارمیگیرد سپس کودک‌ازروی پل میگذرد .



شکل (۱۳)

۳۹ـ فرض میشود برق بین‌نقاط A و B دو ابرهم‌جوار (رجوع شود به‌شکل۱۴) زده باشد . آدمی که درنقطه‌C قراردارد اول صوت رسیده از نقطهٔ B و سپس صوت رسیده از نقطه‌A را که دورتر است میشنود .این اختلاف بدین علت بوجود میآید که راه‌AC از راه‌BC بمقدار قطعهٔ AD بیشتر است . اگر ناظر در شرایط مساعد قرارگرفته باشد (یعنی وقتیکه نقاط A ، B و C عملا" در یک امتداد باشند) اختلاف‌AD با‌AB زیاد نیست . لذا بامحاسبهٔ فاصله‌AD ازطریق ضرب طول مدت رعد درسرعت صوت ، میتوان آنرا برابر طول درخشش برق تلقی نمود .



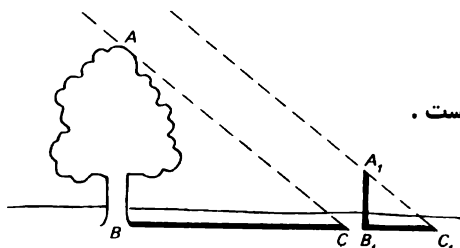
شکل (۱۴)

• ۴۰ـ اگر آزمایشگر کاملا" نزدیک به‌ناقوس باشد صوت را در لحظهٔ ضربه میشنود ولی با دور شدن وی از ناقوس ضربات صوتی و مرئی دیگر باهم تطبیق نیست چون برای عبور نوسانات صوتی از ناقوس تا شنونده خیلی بیشتر وقت لازمست تا برای نوسانات نوری (دراغلب مواردمهم از نظر تجربی ، انتشار نور را میتوان آنی تلقی نمود) .
اول اختلاف وقت افزایش و بعد تقلیل پیدا کرده و دریک مسافت‌معین آدم دوباره ضربه را درعین‌حال می‌بیند و میشنود . بمرور که از ناقوس دور شویم این پدیده مرتب تکرار خواهد شد .
اولین دفعه این تطبیق بازای مسافتی صورت میگیرد که صوت بین دو ضربهٔ متوالی طی میکند .ناظر با مشاهدهٔ ضربه صوت ضـربهٔ ضربه ،ا میشنود .چون بنابرفرض مسئله فاصلهٔ زمانی بین دو ضربه برابر ۱ ثانیه می باشد لذا کافی است که مسافت ناقوس تا محل تطبیق مجدد ضربه مرئی‌با صوتی اندازه گیری‌شود تا مقدار عددی سرعت صوت بدست آید .

۴۱ـ راه‌حل مسئله درشکل۱۵ نمایش داده شده‌است . خط کش را بطور قایم قرارداده و طول سایهٔ آنرا روی زمین علامتگذاری نموده (B_1C_1) سپس طول سایه خط کش و طول سایهٔ درخت را اندازه میگیریم (BC) .
ازتشابه مثلثهای ABCو$A_1B_1C_1$ بدست میآوریم :

$$AB=BC\frac{A_1B_1}{B_1\,C_1}$$

که A_1B_1 طول معلوم خط کش است .



شکل (۱۵)

۴۲ـ باید دگمهٔ راه‌اندازی ثانیه‌شمار را در لحظه‌ای فشارداد که مقدار سرعت v_1 بامقدار بعدی v_2 روی صفحهٔ چراغانی عوض میشود و ثانیه شمار راباید در لحظه‌ای متوقف کرد که عدد v_2 باعدد v_3 عوض میگردد.

اگر درست قبل از اولین تعویض اعداد روی صفحهٔ چراغانی با سرعت v_1 حرکت کنیم اتومبیل بعد از طی مسافت S درمدت زمان

$$t_1=\frac{S}{v_1}$$

پای چراغ راهنمائی سبز میرسد.

اگر در اثنای تعویض عدد v_2 با v_3 روی صفحه (یعنی در لحظهٔ متوقف کردن ثانیه‌شمار) حرکت‌را شروع کنیم دراینصورت سرعت اتومبیل بایستی حداقل v_2 باشد و مسافت S را درمدت زمان

$$t_2=\frac{S}{v_2}$$

طی خواهد کرد.

بدیهی است که اختلاف t_1-t_2 برابراست باعدد t که ثانیه‌شمار نشان میدهد. بدین‌تریتب

$$t=\left(\frac{S}{v_1}\right)-\left(\frac{S}{v_2}\right)$$

کهازاینجا

$$S=\frac{v_1v_2}{v_2-v_1}t$$

برای‌مثال اگر $v_1=45$ کیلومتر درساعت، $v=50$ کیلومتر درساعت و $t=8$ ثانیه دراینصورت

$$S=\frac{45km/h\cdot 50km/h}{50km/h-45km/h}\cdot\frac{8}{3600}h=1km$$

۴۳ـ پسر بچه‌ها باید درآن واحد یکدیگر را هل داده و هریک مسافت طی شدهٔ خود S_1 و S_2 تا توقف کامل را اندازه بگیرند. باضرب این مسافتها درجرمهای مربوطه و در ضریب اصطکاک k و درشتاب ثقل g

کار نیروهای بازدارنده را تعیین میکنیم

$$A_2 = km_2 gS_2 \quad \text{و} \quad A_1 = km_1 gS_1$$

کهالبته هریک بترتیب برابر است با انرژی جنبشی اولیه

$$A_2 = \frac{m_2 v_2^2}{2} \quad \text{و} \quad A_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$$

ازاینجا معادلات زیر بدست میآید :

$$kgS_2 = \frac{v_2^2}{2} \quad \text{و} \quad kgS_1 = \frac{v_1^2}{2}$$

با تقسیم این دو بریکدیگر بدست میآوریم :

$$\frac{S_1}{S_2} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2$$

ازطرف دیگر مقادیر جنبشی که پسربچهها در موقع هل دادن یکدیگر کسب کردند باید باهم برابر باشند یعنی

$$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2 \quad \text{یا} \quad m_1 v_1 = m_2 v_2$$

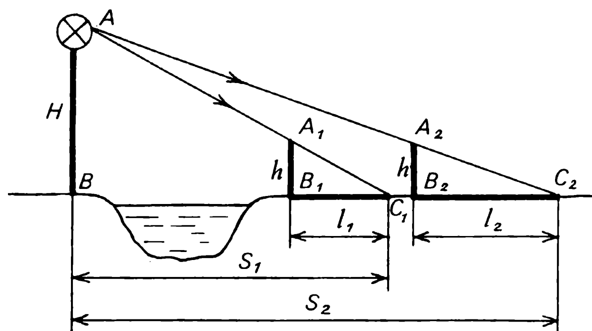
چوننسبت مجذور سرعتها در عبارتهای فوق باهم یکی است برای مقدار مطلوب بدست میآوریم :

$$\frac{m_2}{m_1} = \sqrt{\frac{S_1}{S_2}}$$

چون مسافتهای S_1 و S_2 درنتیجه اندازهگیری معلوم میباشد مسئله را میتوان حل شده تلقی نمود. منتها لازم بهیادآوری است که نتیجهٔ قابل اعتماد را فقط در صورتی میتوان بدست آورد که اندازهگیریها چندین مرتبه انجام و مقدار میانگین درنظر گرفته شدهباشد .

۴۴ـ تیرچه چوبی را قایم روی زمین قرارداده وبا مترفنریطول l_1 سایهٔ آن را اندازه میگیریم . سپس از ساحل کمی دور شده و ازنو تیرچه را بطور قایم روی زمین قرارداده وطول l_2 سایهٔ آن را اندازه میگیریم . از تشابه مثلثهای ABC_1 و $A_1B_1C_1$ (شکل۱۶) نسبت اضلاع متشابه رامیتوان نوشت :

$$\frac{H}{h} = \frac{S_1}{l_1}$$



شکل (۱۶)

(همه علامات درشکل ذکر شده است) . باهمان طریق از مثلثهای $A\dot{B}C_2$ و $A_2B_2C_2$ داریم :

$$\frac{H}{h} = \frac{S_2}{l_2}$$

از نسبتهای بدست آمده S_1 و S_2 را تعیین میکنیم :

$$S_1 = \frac{H}{h} l_1 \quad (1) \quad ، \quad S_2 = \frac{H}{h} l_2 \quad (2)$$

باکم کردن عبارت (۱) ازعبارت (۲) بدست میآوریم :

$$S_2 - S_1 = \frac{H}{h}(l_2 - l_1)$$

ازاینجا ارتفاع H تیرچراغ برابر است با

$$H = \frac{S_2 - S_1}{l_2 - l_1} h$$

برای جواب دادن بهسوال دوم مسئلهمعادلهٔ (۱) رابرمعادلهٔ (۲)تقسیم میکنیم :

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

بااستفاده از خواص نسبتهای ثانوی داریم :

$$\frac{S_1}{S_2 - S_1} = \frac{l_1}{l_2 - l_1}$$

و ازاینجا فاصلهٔ S_1 تا تیرچراغ بدست میآید :

$$S_1 = \frac{S_2 - S_1}{l_2 - l_1} l_1$$

مقادیر h ، l_1 ، l_2 و $S_2 - S_1$ کهبرای محاسبهٔ H وS_1 لازم است با مترفنری اندازهگیری میشود .

۴۵ــ مثلا " ، دو راهحل زیر امکانپذیراست .

الف ــ لولهٔ هفتتیر رابطور قایم بطرف بالا متوجه و تیرخالی میکنیم وبامتر فنری ارتفاع h اوج پروازش را اندازه میگیریم . از قانون بقای انرژی

$$mv^2/2 = mgh$$

بآسانی عبارت زیر برای سرعت گلوله بدست میآید :

$$v = \sqrt{2gh}$$

ب ــ همچنین میتوان باهفتتیر درسمت افقی تیر خالی کردو برد گلوله را اندازه گرفت .

اگر ارتفاع لولهٔ هفتتیر بالای سطح زمین برابر h باشد دراینصورت مدتپرواز گلوله

$$t = \sqrt{2h/g}$$

ودراین مدت گلوله مسافت افقی

$$l = vt$$

را طی خواهد کرد . با حذف کردن زمان t ازاین دومعادله ، بدست میآوریم :

$$v = l\sqrt{g/2h}$$

۴۶ــ لوله هفت تیر را بطور قایم بطرف بالا گرفته و با ثانیهشمار مدت زمان t راازلحظه تیراندازی تا اصابت گلوله بهزمین تعیین میکنیم .

ارتفاع h پرواز جسمی که قایم بطرف بالا باسرعت اولیه v_0 پرتاپ شود

بعداز گذشت زمان t پس ازلحظهٔ پرتاپ از معادلهٔ

$$h = v_0 t - g t^2/2$$

یافت میشود . باقراردادن $h=0$ که جوابگوی دوحالت مبدا و انتهای مسیر گلوله میباشد معادلهٔ ناقص درجه‌دوم

$$g t^2/2 - v_0 t = 0$$

رابدست میآوریم که‌جوابهای آن بصورت زیر میباشد :

$$t_2 = 2v_0/g \quad \text{و} \quad t_1 = 0$$

بآسانی میتوان دریافت که جواب اول به‌لحظهٔ تیراندازی و جواب دوم به‌لحظهٔ اصابت گلوله به‌زمین مربوط میشود . لذا t_2 رابرابر تمام مدت t_0 پرواز گلوله قرارداده و بدست میآوریم : $t_0 = 2v_0/g$ که‌ازاینجا

$$v_0 = g t_0/2$$

یک راه حل ساده‌تری هم میتوان‌ارائه داد . چون سرعت گلوله در نقطهٔ اوج صفر است لذا از رابطهٔ

$$v_t = v_0 - g t = 0$$

مدت زمان اوج گرفتن گلوله را میتوان پیداکرد : $t=v_0/g$. بعد بدست میآوریم :

$$t_0 = 2v_0/g$$

زیرا مدت سیر گلوله بطرف بالا و پائین یکی است .
ولی نکتهٔ اخیرالذکر مستلزم اثبات جداگانه است (که‌اصولا" چندان ساده نیست) و ازطرف دیگر آشنائی باطریقهٔ استدلال تشریح شده‌نیز مفید است چون‌ممکن است درحل مسایل پیچیده‌تر بدردتان بخورد .

۴۷ ــ فرض کنیم پسربچه و دختربچه توپ را بنوبت در خط افقی پرت کنند . درهر دومورد برد S_1 و S_2 رابا متر فنری اندازه‌میگیریم . برد پرواز توپ را میتوان بصورت سرعت اولیه ضرب در مدت پرواز توپ

نوشت . مقدار اخیر الذکر از بررسی حرکت قایم توپ حاصل میگردد .اگر ارتفاع مبداء پرواز توپ h باشد دراینصورت

$$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

وبرای بردهای پرواز، بترتیب

$$S_1=v_1\sqrt{\frac{2h_1}{g}} \quad \text{و} \quad S_2=v_2\sqrt{\frac{2h_2}{g}}$$

بدست میآید. باتقسیم این دوعبارت بریکدیگر نسبت بردهای پرواز حاصل میشود :

$$\frac{S_1}{S_2}=\frac{v_1}{v_2}\sqrt{\frac{h_1}{h_2}}$$

وازاینجا نسبت سرعتها بدست میآید :

$$\frac{v_1}{v_2}=\frac{S_1}{S_2}\sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

بدین‌ترتیب برای حل مسئله کافی است برد و ارتفاع مبداء پروازهای توپ بامترفنری اندازه‌گیری شود . برای سادگی اندازه‌گیری و حل مسئله میتوان h_1 و h_2 را برابر همدیگر نمود وبرای این منظور از بچهٔ کوتاهتر خواهش‌کرد که روی زیرپائی دارای ارتفاع مناسب قرارگیرد. آنوقت

$$\frac{v_1}{v_2}=\frac{S_1}{S_2}$$

۴۸ــ لب رودخانه بایستید ودوشیئی بوضوح مرئی در ساحل آنطرف کنار آب انتخاب و همچنین یک ساقه گیاه پیدا کنید بنحویکه وقتی آنرا دردست کاملا" دراز شده گرفته‌اید جلو فاصله بین آن دو شیئی را بگیرد. بدیهی است که دراین موقع یکی از چشمهایتان باید بسته باشد .

سپس ساقه گیاه را از وسط تا کنید و از کنار آب دور شوید تاساقه تاشده دوباره فاصلهٔ بین همان دوشیئی را بگیرد .سپس بین دونقطهٔ توقفتان را اندازه بگیرید . همین‌فاصله با عرض رودخانه برابر خواهد بود .

در واقع هم ، از تشابه مثلثهای ABC و ODC(رجوع شود به‌شکل۱۷ ــ

الف) میتوانیم بنویسیم :

$$\frac{AB}{OD} = \frac{AC}{OC} \qquad (1)$$

که AB فاصله بین دو شیئی و AC فاصله آن دو شیئی تا اولین نقطهٔ مشاهده (یعنی عرض رودخانه) و OD اندازه ساقه‌گیاه و OC طول بازوی دراز شده میباشد . قیاس براین از تشابه مثلثهای ABG و EFG (رجوع شود به‌شکل ۱۷ ــ ب) داریم :

$$\frac{AB}{EF} = \frac{AG}{EG}$$

یاچون $EF = \frac{OD}{2}$ و $EG = OC$ لذا

$$\frac{2AB}{OD} = \frac{AG}{OC} \qquad (2)$$

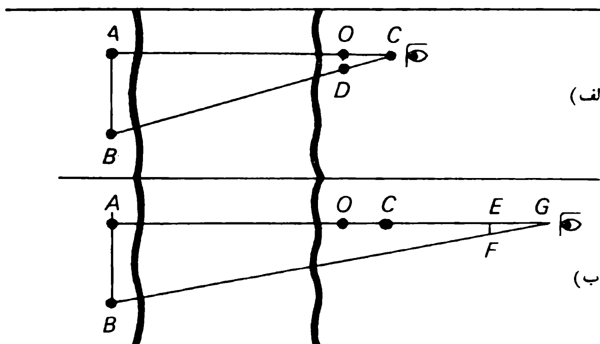
با تقسیم تساویهای (۲) و (۱) بریکدیگر این نتیجه را بدست می آوریم :

$$2 = \frac{AG}{AC}$$

وازاینجا

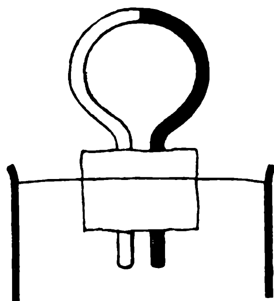
$$AC = \frac{AG}{2} = CG$$

واما مسافت CG را باقدم اندازه میگیریم .



شکل (۱۷)

۴۹ــ از مجموعه اشیائی که در فرض مسئله نام برده شده بآسانی میتوان یک پیل برقی ساخت. برای این منظور از محلول نشادر درآب بعنوان الکترولیت و از سیم مسی و صفحه روی بعنوان الکترود استفاده میشود. باعبور دادن سیم از وسط چوب پنبه میتوان الکترود شناوری مطابق شکل ۱۸ درست کرد.



شکل (۱۸)

اگر الکترودها را باسیم‌پیچی که ازچند دورسیم تشکیل شده مسدود کنیم جریان برق در مدار جاری میشود و سیم‌پیچ درامتداد نصف‌النهار قرار میگیرد. چون علامت قطبین پیل ساخته شده‌مشخص است (مس ــ قطب مثبت، روی ــ قطب منفی) بآسانی میتوان، مثلا" بااستفاده از قاعدهٔ پیچ، قطبهای سیم‌پیچ و سپس سمت قطب شمال وجنوب کره‌زمین را تعیین کرد.

۵۰ــ قبل از هرچیز بانقاله و وزنه اکلیمتر ابتدائی یعنی وسیله مخصوص اندازه‌گیری زاویهٔ α بین امتداد افقی‌وسمتABیک‌نقطه، درست میکنیم (وسیله درشکل ۱۹ نشان داده شده است). سپس نعلبکی با جیوه را روی زمین قرار میدهیم و تا فاصله‌ای از آن دور میشویم که عکس سر برج را درآن مشاهده کنیم وبعداز این با اکلیمتر زوایای α و β را که در شکل ۲۰ نشان داده شده اندازه میگیریم. از مثلث ABC داریم:

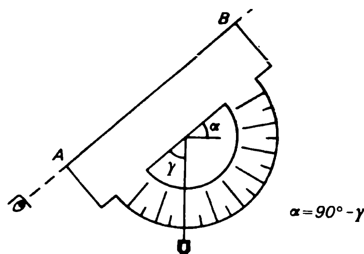
$$AB=BC\,ctg\alpha=(L-h)ctg\alpha$$

ازطرف دیگر

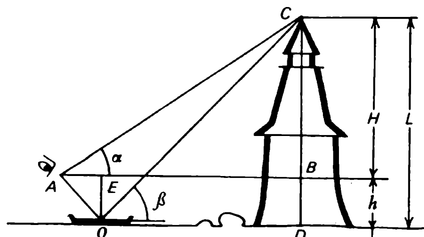
$$AB=AE+EB$$

درضمن

$$AE=OE\,ctg\beta=h\,ctg\beta \quad \text{و} \quad EB=DC\,ctg\beta=L\,ctg\beta$$



شکل (۱۹)



شکل (۲۰)

باقراردادن این‌مقادیر در فرمول فوق و مساوی هم قراردادن دوعبارت AB ، عبارت زیر را بدست میآوریم :

$$(L-h)ctg\alpha = hctg\beta + Lctg\beta$$

وازاینجا

$$L = \frac{ctg\alpha + ctg\beta}{ctg\alpha - ctg\beta}h = \frac{tg\beta + tg\alpha}{tg\beta - tg\alpha}h$$

که h ارتفاع چشم آدم بالای سطح زمین‌میباشد و طبق فرض مسئله معلوم است .

۵۱ــ با افزایش ارتفاع بالای سطح دریا فشار جو روبه‌کاهش میرود . ازطرف دیگر با تقلیل فشار ، نقطه غلیان آب پائین میآید . بعضی اوقات کوهنوردان از این پدیده برای تعیین ارتفاع صعود استفاده میکنند . نتیجه دقیق با استفاده از جداول مخصوص بدست میآید ولی برای تخمین کافی است این نکته یادتان باشد که باهر ۱۰۰متر صعود ، نقطه غلیان ۳/. درجه‌سانتیگراد پائین میآید .

۵۲ــ فرض میشود که در فاصله نامشخص R از منبع نور میزان روشنائی بالوکس‌متر (نورسنج) اندازه‌گیری‌شده و برابرE_1باشد . تافاصلهٔ d از آن‌نقطه دور میشویم و از نو لوکس‌متر را بکار میبریم . فرض کنیم این دفعه لوکس‌متر مقدار E_2رانشان داده باشد . براساس قوانین مربوط

به مفهوم میزان روشنائی میتوان نوشت :

$$E_1=\frac{I}{R^2} \quad , \qquad E_2=\frac{I}{(R+d)^2}$$

با تعیین R ازعبارت اول و قراردادن مقدار بدست آمده درعبارت دوم ، معادله زیر بر حسب شدت نور I حاصل میشود :

$$E_2=\frac{I}{(\sqrt{I/E_1}+d)^2}$$

مقدار d که برای محاسبه لازم است با متر فنری تعیین میشود .

۵۳ـ برجسمی که نسبت به‌دستگاه درحال چرخش بی‌حرکت باشد مثلا" برمگسی که روی صفحه گرامافون نشسته است نیروی داخلی این دستگاه وارد میگردد که نیروی گریز از مرکز نام دارد ومیخواهد جسم را از محور گردش دورسازد. اگرجسم نسبت به‌دستگاه درحال چرخش بحرکت درآید (اگر مگس روی صفحه راه‌برود) دراینصورت اعم از گردش چپ یا راست صفحه، یک نیروی دیگر نیز پیدا میشود که‌بنام نیروی کوریولیس معروف است و در جهت عمود برسمت سرعت حرکت جسم اثر میکند .

افراد بشر که روی کره زمین حرکت‌میکنند فقط بدین علت متوجه این‌نیرو نمیشوند که‌مقدار آن بخاطر کندی نسبی گردش زمین‌ناچیز است . ولی همانا نیروی کوریولیس باعث میشود که تمام رودخانه‌های نیم‌کره شمالی که درجهات مختلف جریان‌دارند بیشترساحل راست خود و رودخانه‌های نیم کره جنوبی بیشترساحل‌چپ خود را بشویند (این‌قانون را ک.م.بر جغرافیدان روسی درسال ۱۸۵۷ بیان کرده است) . بهمین‌علت بادها و جریانهای دریائی در نیم کره‌شمالی در سمت راست و درنیم کره جنوبی در سمت چپ از مسیر خود منحرف میشوند .

نیروی کوریولیس تنها در صورتی ازبین میرود که سرعت جسم در امتداد محور گردش دستگاه‌باشد . برعکس اگرجسم در جهت عمود برمحور حرکت کند نیروی کوریولیس به‌حداکثر میرسد .

بااستفاده از این‌اطلاعات میتوان بطریق زیر مسئله راحل‌نمود .

کافی است روبطرف محیط دایره قرار بگیرید و گلوله را پرت کنید که

بغلتد . بخاطر چرخش سکو وپیدایش نیروی کوریولیس در اثر چرخش، مسیر گلوله مستقیم نیست. اگر گلوله از مسیر مستقیم بطرف راست منحرف گردد دراینصورت چرخش در جهت گردش عقربه ساعت صورت میگیرد (اگر ازبالا به سکو نگاه کنیم) وبرعکس.
ناگفته‌نماند که حل مسئله بدون‌استفاده از مفهوم نیروی کوریولیس نیز براساس قانون اول دینامیک (قانون ماند) امکان پذیراست.

۵۴ـ ذرات کف صابونی که روی آب تمیز افتاده باشد به‌همه طرف پخش میشود وعلت آن تقلیل نیروی کشش سطحی آب در اثر حل شدن صابون‌میباشد.

۵۵ـ اگر بچه‌ها باکشیدن طناب بهمدیگر نزدیک شوند شتاب قایقها تنها درصورتی یکسان خواهد بود که جرم قایقها یکی باشد چون طبق قانون سوم‌نیوتن نیروهای واردبر قایقها باهم برابرند:

$$a_2=F/m_2 \quad \text{و} \quad a_1=F/m_1$$

دراینصورت مسافتهای طی شدهٔ قایقها تا نقطهٔ تلاقی نیز باهم برابر از کاردر میآید چون مسلما" مدت حرکت آنها یکی است:

$$S_2=a_2 t^2/2 \quad \text{و} \quad S_1=a_1 t^2/2$$

بدین ترتیب پسر بچه‌ها برای اینکه ازتساوی جرمها اطمینان حاصل کنند باید بحالتی برسند که قایقها تا محل‌تلاقی مسافتهای متساوی طی کنند. مقایسهٔ راههای طی شده آسان است اگر فواصل متساوی بکمک طناب اندازه‌گیری شود.

۵۶ـ فرض کنیم آدم روی دماغهٔ قایق ساکنی ایستاده باشد. دراین صورت مجموع مقادیر حرکت قایق و آدم برابر صفر است. اگر از مقاومت آب چشم‌پوشی شود (این امر در سرعتهای کم امکان‌پذیراست) این مجموع درتمام‌موارد ثابت است حتی وقتیکه آدم به‌طرف عقب قایق حرکت نماید. لذا میتوان نوشت:

$$m_1v_1 + m_2v_2=0$$

که شاخصهای ۱ و۲ بترتیب مقادیرمربوط به‌آدم و قایق را مشخص میکند . طرفین‌معادله را ضرب میکنیم در مدت زمانی که آدم ازدماغه تا عقب قایق‌میرود و بدست میآوریم :

$$m_1S_1+m_2S_2=0 \quad \text{یا} \quad m_1v_1t+m_2v_2t=0$$

وازاینجا

$$m_2=-m_1\frac{S_1}{S_2}$$

علامت منفی نشان میدهد که قایق درجهت خلاف حرکت آدم جابجا میشود لذا میتوان ازاین علامت صرف‌نظر کرد :

$$m_2=m_1\frac{S_1}{S_2}$$

دراین عبارت S_1 و S_2 بترتیب تغییر مکان آدم و قایق را نسبت به‌آب ساکن نمایش میهد (تغییر مکانهای مطلق) . بادرنظرگرفتن تغییرمکان l آدم نسبت به‌قایق ، رابطه فی‌مابین را میتوان بصورت زیر نوشت :

$$S_1=l-S_2$$

بدینترتیب

$$m_2=m_1\frac{l-S_2}{S_2}$$

بنابراین با اندازه‌گیری طول قایق و مسافت طی شدهٔ آن میتوان جرم قایق را محاسبه نمود چونکه طبق فرض مسئله جرم آدم معلوم است .
از آنجا که در عبارت اخیر نسبت قطعه‌های $l-S_2$ و S_2 درکار است لزومی ندارد برحسب واحدهای مورد استعمال همگانی بیان شود .مثلا میتوان یک ترکه کوچک برداشت وباآن این قطعه‌ها را اندازه گرفت . بطوریکه می‌بینید بدون طناب هم میتوان عمل کرد . باوجود این ، راحت‌تر است اگر روی طناب دوقطعهٔ S_2 و $l-S_2$ راجدا نموده و سپس قطعه‌های طناب را اندازه بگیریم .

۵۷ ــ باحتمال قوی سیاح رادیوجیبی خود را در لحظه‌ای خاموش کرد که اولین علامت وقت دقیق را شنید و درعین حال وقت را از روی ساعتش خواند . هنگامی هم که همان علامت از بلندگوی اردوگاه به‌گوش‌رسید دوباره وقت را از روی ساعت خواند . اختلاف وقت Δt

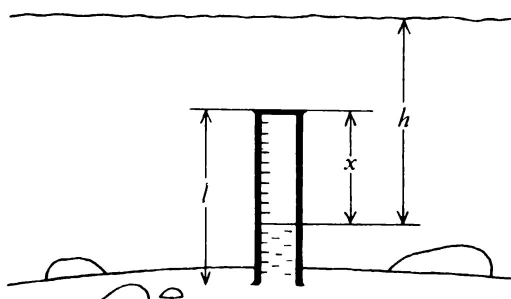
ضرب در سرعت‌صوت v برابر است بافاصله محل اطراق تااردوگاه:

$$l = v\Delta t$$

میتوان از طریق محاسبه نتیجه‌گیری کرد که بازای فاصله ۳کیلومتری، خطای نسبی حداکثر ۱۰% میباشد واین نتیجه چندان بدنیست.

بدیهی است که این مسافت را ازطریق دیگر نیز، غیراز طریقه علامات وقت دقیق، میتوان برآوردکرد مثلا" آخر یک جملهٔ گویندهٔ رادیو را میتوان بجای سیگنال وقت دقیق انتخاب نمود. ولی بااستفاده از علامات وقت دقیق که هرساعت از رادیو پخش میشود حتی بدون استفاده از ساعت میتوان بطور تقریبی فاصله تا اردوگاه را تعیین کرد در صورتیکه خیلی زیاد نباشد. در حقیقت هم، اگر فرضا" پنجمین علامت وقت دقیق (یادآوری می‌کنیم که در اتحادشوروی شش علامت بافاصله یک ثانیه از رادیو پخش میشود) از رادیوجیبی سیاحان با اولین علامت رسیده از بلندگوی اردوگاه منطبق شده باشد این امر میرساند که صوت ظرف ۴ثانیه فاصلهٔ بین اردگاه و محل اطراق را طی کرده است. باضرب این زمان در سرعت صوت، مسافت مستقیم تا اردگاه را تعیین میکنیم. بسهولت میتوان دید که شیوهٔ بکار رفته شبیه همان شیوه‌ای است که در شرح حل مسئله شماره ۴۰ آمده است.

۵۸ ــ این مسئله بکمک قانون ((بویل ــ ماریوت)) حل میشود. غواص قورباغه‌ای درحالیکه دهانهٔ پیمانه را بطرف پائین گرفته باید به‌کف دریاچه برود و دقت کند که سطح آب داخل پیمانه روی کدام درجه میایستد (رجوع شود به‌شکل ۲۱).



شکل (۲۱)

درفشار جو متعارفی p_0 ، هوای داخل پیمانه حجم

$$V_1=lS$$

را اشغال میکرد که l ارتفاع و S مساحت مقطع عرضی پیمانه میباشد.
درکف دریاچه فشار تامقدار

$$p=p_0+dgh$$

افزایش می‌یابد که h عمق مطلوب دریاچه، d چگالی آب و g شتاب ثقل است. لذا حجم هوای داخل پیمانه‌تا

$$V_2=xS$$

تقلیل مییابد که x ارتفاع ستون هوای داخل پیمانه در کف دریاچه میباشد.

بافرض اینکه درجهٔ حرارت و چگالی آب در عمق‌های مختلف بلاتغییر است، براساس قانون ((بویل ــ ماریوت)) داریم :

$$p_0lS=(p_0+dgh)xS$$

و ازاینجا بعد از تبدیلات ساده بدست میآوریم :

$$h=\frac{p_0}{dg}\cdot\frac{l-x}{x}$$

تازه هم اصلا" مهم نیست که مقادیر l و x برحسب کدام واحد بیان شود. مثلا" این‌مقادیر را میتوان برحسب واحد تقسیمات روی پیمانه بیان نمود ودرفرمول قرارداد. اصل موضوع اینجاست که در عبارت نهائی، نسبت مقادیر همگن $l-x$ و x وارد است و نتیجتا" مقدار این نسبت به‌نوع واحد طول بستگی ندارد. نظر به‌اینکه فشار جو بکندی تغییر میکند میتوانیم آنرا مقداری ثابت وبرابر با $۱/۰۱۳\times۱۰^{۵}$ نیوتن برمترمربع تلقی کنیم. قیاس براین، چگالی آب (۱۰۰۰کیلوگرم برمترمکعب) و شتاب ثقل زمین (۹/۸ متر برثانیه‌برثانیه) عملا" ثابت است.

واضح است که بجای پیمانهٔ استوانه‌ای میتوان از پیمانهٔ مخروطی استفاده نمود. دراینصورت معادلهٔ قانون ((بویل ــ ماریوت)) باین شکل‌در میآید :

$$p_0V_1=(p_0+dgh)V_2$$

که V_1 و V_2 بترتیب ، حجم هوای داخل پیمانه روی سطح آب و روی کف دریاچه میباشد و از روی تقسیمات روی جدار پیمانه تعیین میشود .
بهتر است که در هردو مورد تقسیمات روی پیمانه سرتاسر ، از پائین تا بالا باشد . درغیراین صورت باید پیمانه را کمی در آب فروکرده مقداری آب درآن وارد شود وتاابتدای تقسیمات برسد .

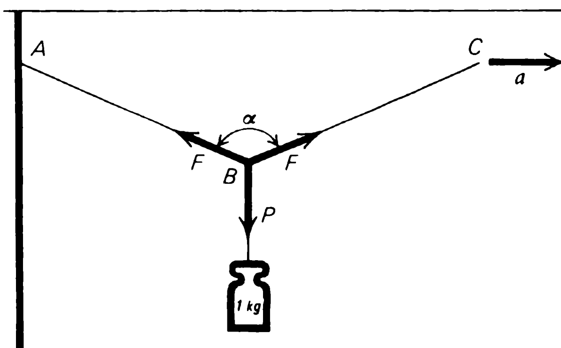
۵۹ــ لازم است وزنهٔ مانند شکل ۲۲ بهنخ ماهیگیری بسته شود و سپس در سمت مشخص شده باسهم کشیدهشود .
میان نیروهای F و P رابطهٔ

$$P=2F\cos\frac{\alpha}{2}$$

برقرار است که ازآن

$$F=\frac{P}{2\cos\frac{\alpha}{2}}=\frac{mg}{2\cos\frac{\alpha}{2}}$$

باکشیدن بیشتر نخ ماهیگیری ، ما زاویهٔ α را افزایش میدهیم و درنتیجه نیروی کشش F زیاد میشود . زاویهای را که بازای آن نخ پاره میشود با نقاله اندازه میگیریم ومیتوانیم بارمجاز را محاسبه نمائیم .



شکل (۲۲)

اگر نخ ماهیگیری حتی بازای $\alpha=0°$ پاره شود باید آنرا از وسط تا کرده و عمل مذکور را دوباره انجام داد و نتیجهٔ بدستآمده را تقسیم بر دو کرد .

۶۰ ــ فرمول

$$F=\frac{mg}{2\cos\frac{\alpha}{2}}$$

را که در نتیجهٔ حل مسئله قبلی بدست آمده میتوان بصورت زیرنوشت :

$$F=\frac{mg}{2\sqrt{1-\sin^2\frac{\alpha}{2}}}=\frac{mg}{2\sqrt{1-\left(\frac{AC:2}{AB}\right)^2}}$$

باکشیدن نخ ماهیگیری لازم است فاصله نقاط A و C را در لحظه پارگی ونیز AB نصف طول نخ را تعیین نمود . این اندازه‌گیری‌ها بوسیله متر فنری انجام میگیرد .

۶۱ـ باافزایش دادن سرعت دوران وزنه بسته شده به‌نخ به‌حالت پارگی نخ میرسیم . نیروی جاذب بطرف مرکز F که درجسم چرخنده اثر میکند برابراست با

$$F=\frac{mv^2}{R}=4\pi^2n^2mR$$

که n تعداد دور در واحد زمان (درثانیه) ، m جرم جسم چرخنده ، شعاع دوران و v سرعت خطی جسم است .

از عبارت مذکور برمی‌آید که‌نیروی جاذب بطرف مرکز باید با تعداد دور افزایش یابد . ولی F عملا" نمی‌تواند بینهایت زیاد شود چون این نیرو بخاطر کشیدگی نخ که نمی‌تواند از مقدار

$$\frac{\pi d^2}{4}\sigma$$

تجاوز کند بوجود میآید که d قطر نخ و σ حدگسیختگی جنس نخ میباشد بامساوی هم قرار دادن دوعبارت اخیر ، مقدار موردنظر را بدست میآوریم :

$$\sigma=\frac{16\pi n^2mR}{d^2}$$

مقدار بحرانی دور که برای محاسبه لازم است از طریق شمارش تعداد دور در فاصله زمان معین در سرعت یک خرده کمتر از سرعت بحرانی تعیین میشود .

۶۲ـ اول بکمک ثانیه‌شمار مدت زمان t_1 ازلحظه اصابت سنگ به‌آب تالحظه رسیدن امواج ایجاد شده به‌ساحل و نیز تعداد امواج n که در مدت t_2 به‌ساحل میرسند تعیین میشود . فاصله بین دوگرده یا دوگودی یعنی طول موج λ رامیتوان گرچه نادقیق ، بوسیله خطاکش تعیین‌کرد . واضح است که میتوان فاصله مطلوب را بصورت زیرنوشت :

$$x=vt_1$$

که v سرعت انتشار موج میباشد . نظربه‌اینکه

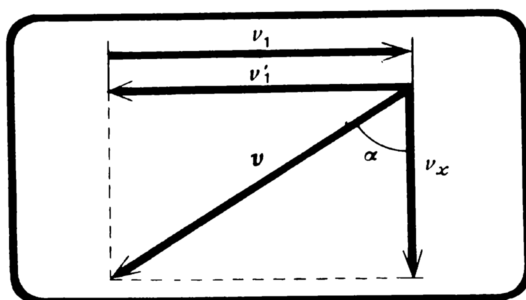
$$v=\lambda\nu$$

۷) فرکانس موج است : $\nu=\frac{n}{t_2}$) لذا

$$x=\lambda\nu t_1=\lambda\frac{t_1}{t_2}n$$

۶۳ـ اگر قطار از چپ به‌راست باسرعت v_1 حرکت کند درآنصورت قطره‌ها دارای همان سرعت v_1' منتها در جهت معکوس میباشند . علاوه براین ، قطره‌های باران از بالا به‌پائین نیز نسبت به‌واگن باسرعت مجهول v_x حرکت میکنند . بردار سـرعـت منتجـهٔ v بطوریکه از شکل ۲۳ هویدا است زاویه α را با قایم تشکیل میدهد که واجد شرط

$$tg\alpha=\frac{v_1'}{v_x}$$



شکل (۲۳)

میباشد . از این‌عبارت سرعت سقوط قطرات باران بدست میآید

$$v_x=v_1'ctg\alpha$$

زاویه α بکمک نقاله تعیین میشود و سرعت v_1 قطار از روی زمان حرکت قطار بین دوتیرک کیلومتری متوالی (این تیرکها حتی درهوای بارانی بخوبی دیدهٔ میشوند) محاسبه میگردد .

۶۴ـ قطره باران نسبت به اتومبیل در عین‌حال دونوع حرکت را انجام میدهد ــ در دوسمت قایم وافقی . سرعت منتجهٔ v زاویه α را نسبت به قایم تشکیل میدهدو ضمنا" (رجوع شود به شرح حل مسئله قبل)

$$tg\alpha=\frac{v_a}{v_x}$$

که v_a سرعت اتومبیل و v_x سرعت مجهول سقوط قطره است. تانژانت زاویه α را با اندازه‌گیری اضلاع متعامد مثلث قایم الزاویه تشکیل شده از اثر قطره روی شیشه (وتر) و قاب پنجره (اضلاع متعامد) میتوان تعیین نمود وسرعت اتومبیل را میتوان روی صفحه سرعت سنج دید. سپس v_x محاسبه میگردد.

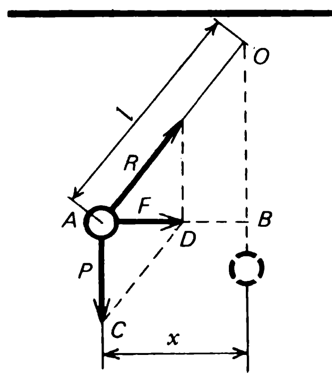
۶۵– وزنه را به‌نخ بسته و آونگ بدست آمده را به‌سقف واگن آویزان می‌کنیم. در موقع حرکت متشابه‌التغییر تند شونده قطار آونگ تا موقعی منحرف میگردد که برآیند F نیروی‌ثقل P و نیروی کشش نخ R به مقداری برسد که برای بخشیدن شتابی مساوی با شتاب قطار به‌قطره کافی باشد.

ازتشابه مثلثهای AOB و ACD (رجوع شود به‌شکل ۲۴) داریم:

$$\frac{AD}{AC}=\frac{AB}{OB} \qquad \text{یا} \qquad \frac{ma}{mg}=\frac{x}{\sqrt{l^2-x^2}}$$

وازاینجا بدست می‌آوریم:

$$a=g\frac{x}{\sqrt{l^2-x^2}}$$



شکل (۲۴)

که l طول آونگ، x انحراف افقی آن از نقطه تعادل میباشد.

بدینترتیب بااندازه‌گیری طول نخ و مقدار انحراف آونگ میتوان شتاب قطار را حساب کرد.

۶۶ـ از مثلث ACD که درشکل ۲۴ نشان داده شده پیدامیکنیم :

$$F=\sqrt{R^2-P^2} \quad \text{و} \quad (AD)^2=(DC)^2-(AC)^2$$

تساوی اخیر را میتوان بصورت

$$m_a=\sqrt{R^2-P^2}$$

نمایش داد ودرنتیجه

$$a=\frac{\sqrt{R^2-P^2}}{m}=g\frac{\sqrt{R^2-P^2}}{P}=g\sqrt{\left(\frac{R}{P}\right)^2-1}$$

که P نشان دادهٔ نیروسنج در قطار ساکن یا درحال حرکت یکنواخت و R نشان‌دادهٔ نیروسنج در قطار درحال حرکت متشابه‌التغییر تند شونده میباشد .

۶۷ـ با اندازه‌گیری زاویهٔ AOB (رجوع شود به‌شکل۲۴) بوسیله نقاله ، از رابطه

$$tg\angle AOB=tg\angle ACD=\frac{F}{P}=\frac{ma}{mg}=\frac{a}{g}$$

شتاب قطار را پیدا می‌کنیم :

$$a=g\,tg\,\alpha$$

۶۸ ـ دراثرتغییردرجه‌حرارت‌از t_1 به t_2 شعاع‌چرخ‌از $r_1=r_0(1+\alpha t_1)$ به $r_2=r_0(1+\alpha t_2)$ وطول محیط دایره از

$$l_1=2\pi r_1=2\pi r_0(1+\alpha t_1)=l_0(1+\alpha t_1)$$

به

$$l_2=l_0(1+\alpha t_2)$$

تغییر خواهد کرد لذا در یکفاصله L تعداددوراز $N_1=\frac{L}{l_1}=\frac{L}{l_0(1+\alpha t_1)}$ به $N_2=\frac{L}{l_0(1+\alpha t_2)}$ تغییر خواهد کرد . با تقسیم این عبارات بریکدیگر بدست میآوریم :

$$\frac{N_1}{N_2}=\frac{1+\alpha t_1}{1+\alpha t_2}$$

وازاینجا

$$\alpha=\frac{N_2-N_1}{N_1t_1-N_2t_2}$$

که N_1 و N_2 از روی دور شمار و t_1 و t_2 بکمک دماسنج تعیین می‌شود.
برای چرخ فولادی ($\alpha = 1/2 \times 10^{-5} \frac{1}{\text{درجه}}$) بشعاع ۰/۵ متر در مسافت ۱۰۰ کیلومتر اختلاف تعداد دور بازای تغییر درجه‌حرارت هوا از ۲۵- تا ۲۵+ درجه سانتیگراد (آزمایش را باید در فصول مختلف سال انجام داد- در تابستان و زمستان!) فقط ۱۹ دور میباشد. لذا این طریقه چندان دقیق نیست.

۶۹- اول باید به‌اتومبیل سرعت داد سپس موتور را از چرخهای محرک جدا نمود (یعنی کلاچ گرفت) و سرعت v و مسافت S تا توقف کامل را از روی صفحهٔ سرعت سنج خواند. بابرابر کردن انرژی جنبشی اتومبیل باکار نیروهای بازدارنده

$$\frac{mv^2}{2} = mgkS$$

ضریب مقاومت در برابر حرکت اتومبیل را پیدامی‌کنیم:

$$k = \frac{v^2}{2gS}$$

مسافت طی شده را بآسانی میتوان از روی‌ارقام طرف راست صفحهٔ سرعت‌سنج (برحسب ۱۰۰ متر) تا دقت ۵۰ متر تعیین کرد (باتجربه زیاد- حتی تا دقت ۳۰ متر). عقربهٔ سرعت‌سنج امکان‌میدهد سرعت را باخطای حداکثر ۲ کیلومتر در ساعت تعیین کنیم. با استفاده از فرمولهای نظریهٔ خطاها میتوان ثابت‌کرد که‌بازای سرعت ۸۰ کیلومتر در ساعت و مسافت طی شدهٔ ۶۰۰ متر خطای نسبی در تعیین k عدد زیر را بدست میدهد:

$$\frac{\Delta k}{k} = \frac{2\Delta v}{v} + \frac{\Delta S}{S} = \frac{2 \cdot 2}{80} + \frac{30}{600} = 0{,}1 = 10\%$$

واین نتیجه چندان بد نیست.

۷۰- برای‌اینکه چوب چهارگوش را روی سطح شیبدار بطرف بالا بحرکت یکنواخت واداریم لازم است نیروی F_3 را به‌آن وارد نمائیم و این نیرو باید عبارت باشد از مجموع نیروی اصطکاک $F = kP\cos\alpha$ و مولفهٔ F_1 وزن چوب که باسطح شیبدار موازی است. مطابق باشکل ۲۵ داریم:

$$F_3 = kP\cos\alpha + P\sin\alpha$$

قیاس براین، نیروی F_4 را نیز بدست میآوریم که چوب را بحرکت یکنواخت بطرف پائین وامیدارد :

$$F_4 = kP\cos\alpha - P\sin\alpha$$

معادله دوم را از معادله اول کم کرده وبدست میآوریم :

$$F_3 - F_4 = 2P\sin\alpha$$

وازاینجا

$$\sin\alpha = \frac{F_3 - F_4}{2P}$$

چون نیروهای F_3، F_4 و P را میتوان بکمک نیروسنج تعیین کرد این عبارت امکان میدهد سینوس زاویه شیب را محاسبه و سپس مقدار زاویه را از جدول پیدا کنیم .

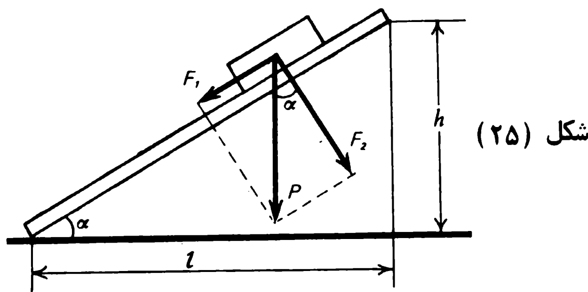
درمورد شیب کم احتیاج بهجدول نیست چون بازای زوایای کوچک

$$\sin\alpha \approx \alpha$$

بشرطیکه زاویهٔ α برحسب رادیان باشد . دراینصورت

$$\alpha = \frac{F_3 - F_4}{2P}$$

مقدار بدست آمده را ضرب در ۵۷ $\frac{\text{درجه}}{\text{رادیان}}$ نموده مقدار تقریبی زاویه شیب را برحسب درجه بدست میآوریم .



شکل (۲۵)

۷۱ــ با استفاده از سیمهای رابط موجود، مداری از لامپ وباطری میسازیم و قطب نما را زیر یکی از سیمها در قسمت مستقیم آن قرار میدهیم. حوزه مغناطیسی عقربهٔ قطبنما را میچرخاند. بادانستن جهت گردش و بااستفاده از قاعدهٔ پیچ میتوان جهت جریان برق مدار و سپس علامت قطب های باطری را نیز تعیین نمود .

ازنظر حل مسئله، وجود لامپ واجب نیست چونکه نقش آن فقط در

تحدید جریان مدار خلاصه میشود بطوریکه وقتی باطری را برای یک مدت کوتاه مورداستفاده قرار میدهیم هیچ جای نگرانی نیست.

۷۲ـ هادیهای برق را باید به‌قطبهای باطری وصل و سرآزاد آنها را در لیوان پرازآب فروکرد. آنوقت در لیوان آب الکترولیز آب شروع میشود که نشانهٔ آن تصاعد حبابهای گاز از روی سر هادیهای برق درزیر آب میباشد (جهت تشدید پدیدهٔ الکترولیز باید یک قطره‌اسید سولفوریک را در لیوان چکاند).

چون مولکول آب از دو اتم هیدروژن و فقط یک اتم اکسیژن ترکیب یافته و نظر به‌اینکه تعداد مولکولها در حجمهای متساوی گاز باید یکی باشد لذا مقدار هیدروژن ناشی از الکترولیز باید دوبرابر بیشتر باشد. بنابراین با توجه باینکه دور کدام الکترود تعداد بیشتر حبابها دیده میشود میتوان تشخیص داد گاز هیدروژن کجا بوجود میآید. بعد از این مشکل نیست پی ببریم که کدام هادی برق به‌کدام قطب وصل است چون یونهای هیدروژن دارای بار مثبت میباشند لذا این گاز باید روی کاتد بوجودآید.

۷۳ـ هادیهای مسی را به محل اتصال باطری وصل و سرآزاد آنها را در سیب‌زمینی فرو می‌کنیم. عبور جریان برق باعث الکترولیز آب سیب زمینی میگردد. دراثر این پدیده در اطراف هادی برق متصل به‌قطب منفی باطری هیدروژن و در اطراف هادی برق متصل به قطب مثبت اکسیژن تولید میشود. اکسیژن در اثر ترکیب با مس تولید اکسیدها و بازها مینماید که یونهای آنها به‌محیط اطراف هادی مربوطه رنگ آبی مایل به سبز میبخشد در صورتیکه محیط اطراف هادی دوم تغییر رنگ نمیدهد. بنابراین، آن هادی که سیب‌زمینی اطراف آن سبز میشود به‌قطب مثبت وصل شده‌است.

۷۴ـ بکمک ثانیه سنج زمان t حرکت‌حلقه روی جاده تا مسافت l را تعیین میکنیم. مسافت l بوسیله کیلومترشمار اتومبیل اندازه‌گیری و یا براساس طول دایره چرخ محاسبه میگردد. درضمن، انرژی پتانسیل حلقه بمقدار

$$\Delta \Pi = mgh = mgl\sin\alpha$$

کم‌میشود که α زاویهٔ مطلوب است . کاهش انرژی پتانسیل برابر است با افزایش انرژی جنبشی (سینتیک)حلقه. اگر حلقه بجای غلطیدن روی سطحی سر میخورد انرژی جنبشی آنرا میشد بافرمول

$$T = \frac{mv^2}{2}$$

محاسبه نمود که v سرعت حرکت مرکز حلقه و m جرم آن میباشد . ولی انرژی جنبشی حلقه در حال غلطیدن عبارت است از مجموع دو مقدار ــ یکی انرژی جنبشی مربوط به حرکت انتقالی و دیگری انرژی جنبشی مربوط به حرکت دورانی :

$$T = T_1 + T_2$$

لذا برای تعیین انرژی جنبشی حلقه در حال حرکت ، اول انرژی جنبشی حرکت انتقالی را بدون توجه به حرکت دورانی و سپس انرژی جنبشی حرکت دورانی را بافرض ثابت بودن مرکز حلقه، محاسبه و مقادیر بدست آمده را جمع می‌کنیم .

درحالت کلی ، محاسبهٔ انرژی جنبشی جسم گردان کم وبیش مشکل‌است چون نقاط مختلف‌الشعاع دارای سرعتهای متفاوت هستند . و اما در مورد حلقه، این مسئله خیلی ساده‌تر است چونکه تمام نقاط‌آن نسبت به‌محور ماربر مرکز ثقل در یک فاصله هستند که با شعاع حلقه برابراست .

اگرسرعت حرکت مرکزحلقه نسبت به‌زمین v باشد درآنصورت سرعت همهٔ نقاط حلقه نسبت به‌مرکزش همان سرعت v خواهد بود .بنابراین ، جملهٔ دوم طرف راست عبارت فوق را میتوان بصورت زیر درآورد :

$$T_2 = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2} + \cdots + \frac{m_n v^2}{2} = \frac{v^2}{2}(m_1 + m_2 + \cdots + m_n) = \frac{mv^2}{2}$$

که ، m_i جرم‌نقاط‌جداگانهٔ حلقه است که همه باهم جرم m تمام حلقه را تشکیل میدهند .

پس، برای‌انرژی جنبشی کامل بدست میآوریم :

$$T = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = mv^2$$

اگر حرکت حلقه را متشابه التغییر تند شونده فرض‌کنیم ، سرعت‌نهائی‌آن

v بعد از طی مسافت l در مدت زمان t را تعیین میکنیم :

$$v=\frac{2l}{t}$$

وعبارت انرژی جنبشی حلقه بصورت زیر درمیآید :

$$T=\frac{4ml^2}{t^2}$$

این مقدار را با مقدار کاهش انرژی پتانسیل برابر کرده فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$mgl\sin\alpha=\frac{4ml^2}{t^2}$$

ازاینجا میتوان سینوس زاویه شیب جاده را پیداکرد :

$$\sin\alpha=\frac{4l}{gt^2}$$

تمام مقادیر عبارت اخیر یا معلوم و یا قابل اندازه‌گیری مستقیم میباشد . تنها چیزی که باید افزود این است که چون در اغلب موارد شیب جاده نسبتا" کم است میتوان از تساوی تقریبی

$$\sin\alpha\approx\alpha$$

استفاده کرد (رجوع شود به‌شرح حل مسئله شماره۷۰) .

۷۵ـ هردو آونگ را باید کنار هم آویزان کرد تا درعین‌حال هردو را بتوان مشاهده‌نمود . آونگها را منحرف و سپس در آن‌واحد رها کنید . در لحظهٔ اول فاز نوسان یکی است ولی رفته‌رفته آونگ دارای دورهٔ کمتر ، از دیگری جلو میفتد . معهذا بعد از مدت معینی فاز نوسان‌ها از نو یکی‌خواهد شد .

واضح است که اگر آونگ اول تا آن لحظه تعداد n نوسان کرده باشد در اینصورت آونگ دوم یک نوسان کمتر کرده است . لذا میتوان نوشت :

$$nT_1=(n-1)T_2$$

که T_1 و T_2 بترتیب دورهٔ تناوب آونگ اول ودوم میباشد .

از عبارت بدست آمده برمیآید که اگر دورهٔ تناوب یکی‌از آونگها (بنابر فرض مسئله) و n نیز (ازطریق شمارش) معلوم باشد میتوان دورهٔ

تناوب آونگ دوم را پیدا کرد :

$$T_2 = \frac{n}{n-1} T_1 \qquad \text{یا} \qquad T_1 = \frac{n-1}{n} T_2$$

۷۶ ــ از چند نوع کاغذ ، نوارهای باریک ببرید و سرنوارها را در آب فرو کنید . در نواریکه دارای خلل و فرج کوچکتر میباشد آب بالاتر میرود .

۷۷ــ باید انتهای یک شمش روی وسط شمش دوم گذاشته شود . اگر شمش دوم آهن‌ربا باشد شمش اول توسط آن جذب نخواهد شد چونکه خط بیطرف قاعدتا" از وسط یک آهن ربای مستقیم میگذرد . ولی اگر جذب شد درآنصورت شمش اول آهن‌ربا میباشد .
البته میتوان یک شمش مستقیم را طوری مغناطیسی کرد که در وسطش یک قطب مثلا" قطب جنوبی و دوقطب شمالی در دو انتهای آن قرار بگیرد (چنین شمشی را میتوان بصورت دوآهن ربائی تلقی نمود که قطب جنوبی آنها بر روی یکدیگر گذاشته شده است) . دراین مورد لازم است انتهای یک شمش را سرتاسر روی سطح شمش دوم کشید . اگر در موقع این عمل نیروی کشش بطور مداوم مشاهده شود دراینصورت اولی آهن ربا میباشد (چونکه قطب حتما" در انتها واقع است) . اگر در موقع حرکت عمل جذب فقط در بعضی نقاط مشاهده گردد دراینصورت شمش دوم آهن‌ربا میباشد .

۷۸ــ هردوشیشهٔ آزمایش را جلوی لامپ رومیزی قرارمیدهیم ومسیر شعاعهای نور را در داخل هردومایع بررسی میکنیم . چون ضریب شکست، آب ۱/۳۳ والکل ۱/۳٦ است لذا اشعه بعد از عبور از شیشهٔ محتوی الکل در نقطهٔ نزدیکتر به شیشه جمع میشوند تا در مورد عبور از شیشه محتوی آب .

۷۹ــ ساده‌ترین راه‌حل بشرح زیراست : با ثانیه‌شمار مدت‌زمانی را اندازه میگیریم که طی آن ، گاری دراثر سنگینی وزنه P واقع درکفهٔ دستگاه راه‌معینی مثلا" سرتاسر میز را می‌پیماید . سپس جسم مورد آزمایش را از روی گاری برداشته و وزنه‌ها را بتعداد لازم روی گاری میگذاریم برای اینکه بازهم همان مسافت را درهمان مدت زمان طی‌کند . دراینصورت مجموع جرم وزنه‌های روی‌گاری ، جرم‌جسم را بدست

میدهد .

۸۰ـ هسته آهنی دارای دوسیم‌پیچ رامیتوان بعنوان یک ترانسفرماتور تلقی کرد . اگر یکی از سیم پیچهای آن را به‌منبع جریان متناوب وصل کنیم و فشار برق U_1 و U_2 را روی هردو سیم‌پیچ اندازه بگیریم میتوانیم نسبت دور سیم پیچها را از تناسب زیر تعیین‌نمائیم :

$$\frac{U_1}{n_1}=\frac{U}{n_2}$$

ولی این اندازه‌گیریها امکان نخواهد داد n_1 و n_2 بطور جداگانه تعیین شود . لذا برروی سیم‌پیچهای موجود تعدادمعین n دورسیم می‌پیچانیم آنگاه تناسب فوق را میشود با یک نسبت دیگر هم تکمیل کرد که فشار برق U روی سیم‌پیچ اضافی در آن وارد است :

$$\frac{U_1}{n_1}=\frac{U_2}{n_2}=\frac{U}{n}$$

بعداز این داریم :

$$n_1=\frac{U_1}{U}n \qquad \text{و} \qquad n_2=\frac{U_2}{U}n$$

مقادیر U_1 ، U_2 و U با ولتمتر و n ازطریق شمارش دور در موقع سیم پیچی تعیین میشود .

۸۱ـ بعداز مونتاژ مدار شکل۲۶ باید بااستفاده از قانون اهم مقاومت R سیم‌پیچ الکترومغناطیسی را از روی نشانداده‌ٔ ولت‌متر (U) وآمپرمتر (I) تعیین نمود :

$$R=\frac{U}{I}$$

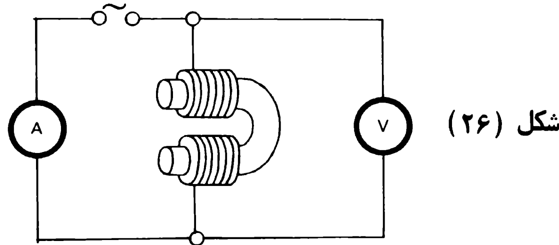
بعداز این با میکرومتر قطر d سیم را اندازه میگیریم و اول طول آن

$$l=\frac{RS}{\rho}=\frac{\pi d^2U}{4\rho I}$$

و سپس جرم آن را

$$m=DlS=\frac{\pi^2d^4UD}{16\rho I}$$

محاسبه میکنیم . در فرمولهای اخیر ρ مقاومت ویژه مس و D چگالی آن میباشد و این مقادیر را میتوان از کتاب راهنما استخراج کرد .



شکل (۲۶)

۸۲ــ فرض کنیم جرم لوله موئی خالی با ترازو تعیین شده و برابر m_1 باشد . مقداری جیوه از طریق مکش (البته نه با دهان بلکه بکمک پوار : جیوه خطرناک است) در لوله‌موئی واردکرده و دوباره وزن میکنیم . فرض کنیم این دفعه جرم m_2 باشد . بنابراین ، جرم ستون جیوه داخل لوله موئی برابر است با :

$$m = m_2 - m_1$$

ازطرف دیگر میتوان m رابرحسب طول l ستون‌جیوه و قطر d آن و چگالی D جیوه ، بصورت زیر بیان کرد :

$$m = D\frac{\pi d^2}{4} l$$

ازاین دو تساوی قطر را بدست میآوریم :

$$d = \sqrt{\frac{4(m_2 - m_1)}{\pi D l}}$$

چون طول ستون جیوه را بآسانی میتوان با خط‌کش تعیین کرد و چگالی جیوه را از جدول مربوطه استخراج نمود محاسبه مقدار مطلوب مشکل نیست .

۸۳ــ فرض میشود هردو دیسک مقوائی با فاصلهٔ l از یکدیگر روی محور الکترو موتور طوری سوار شده که سطح آنها عمود برمحور باشد . اگر در موقع کار الکتروموتور در طول محورش از تفنگ‌تیری خالی شود اثر اصابت بصورت دو سوراخ در دیسکها بجا میماند و فاصلهٔ زاویه‌ای بین

سوراخها بقرار زیر خواهد بود :

$$\varphi = \omega t = 2\pi n \frac{l}{v}$$

که ω سرعت زاویه‌ای گردش الکتروموتوراست که‌آسانی ازروی‌دور n تعیین میشود ، t زمان سیر گلوله در فاصلهٔ l بین دو دیسک و v سرعت مطلوب گلوله‌است .

از تساوی مذکور چنین برمیآید :

$$v = \frac{2\pi n l}{\varphi}$$

فاصله l را با مترفنری ، زاویهٔ φ رابانقاله اندازه میگیریم و دور بنابر فرض مسئله معلوم است .

۸۴ــ طبق قانون هوک در فشارهای نه‌چندان زیاد (یعنی درحدود تغییر شکلهای‌ارتجاعی) اضافهٔ x طول فنر متناسب بانیروی موثر F میباشد :

$$F = kx$$

که k ضریب‌ارتجاعی (یاضریب‌صلابت) مصطلح شده و به‌جنس وابعاد فنر بستگی دارد .

فرض کنیم که فنر به‌پایه محکم شده و در اثر وزن معلوم P_1 وزنه بمقدار x_1 کشیده شده باشد و دراثر وزن P_2 وزنه ــ بمقدار x_2 .آنگاه دوتساوی زیر را داریم :

$$P_1 = kx_1 \quad , \quad P_2 = kx_2$$

باتقسیم این دو بریکدیگر چنین برمیآید :

$\frac{P_2}{P_1} = \frac{x_2}{x_1}$ که‌ازآن $P_2 = \frac{x_2}{x_1} P_1$ بدست میآید .

اضافه طول x_1 وx_2 را باخط کش اندازه میگیریم و P_1 طبق فرض مسئله معلوم است .

۸۵ــ چوب چهارگوش را روی تخته قرار میدهیم و یک انتهای تخته را بالا میآوریم تاچوب بحرکت درآید . ازشکل۲۵ (صفحه ۷۴)دیده میشود که نیروی F_1 که میخواهد آن را درجهت موازی با تخته‌حرکت دهد برابر است با $P\sin\alpha$. درعین‌حال ، نیروی اصطکاک بین چوب چهارگوش و سطح تخته را میتوان بصورت زیر نوشت :

$$F=kP\cos\alpha$$

که P وزن چوب چهارگوش و k ضریب اصطکاک مطلوب‌است.

در حرکت یکنواخت، نیروئی که چوب چهارگوش را بحرکت وامیدارد مساویست بانیروی بازدارنده یعنی

$$P\sin\alpha=kP\cos\alpha$$

که ازاینجا ضریب اصطکاک زیر را بدست میآوریم:

$$k=tg\alpha=\frac{h}{l}$$

بدین‌ترتیب برای بدست آوردن ضریب اصطکاک کافی است h و l اندازه‌گیری شود.

۸۶ــ در شرح حل مسئله شماره ۷۰ عباراتی جهت تعیین نیروهای لازم‌برای واداشتن چوب چهارگوش به‌حرکت یکنواخت روی سطح شیبدار در سمت بالا و پائین پیدا شده است. این عبارت را یادآوری میکنیم:

$$F_4=kP\cos\alpha-P\sin\alpha \quad \text{و} \quad F_3=kP\cos\alpha-P\sin\alpha$$

معادله دوم را از معادله اول کم کرده وعبارتی برای تعیین سینوس زاویهٔ شیب سطح نسبت به‌افق بدست میآوریم:

$$\sin\alpha=\frac{F_3-F_4}{2P}$$

باجمع کردن همان معادله‌ها میتوان رابطه‌ای جهت محاسبه کسینوس همان زاویه بدست آورد:

$$\cos\alpha=\frac{F_3+F_4}{2kP}$$

دوتساوی‌اخیر را مجذور و سپس‌جمع کرده وفرمول زیر را بدست میآوریم:

$$1=\left(\frac{F_3-F_4}{2P}\right)^2+\left(\frac{F_3+F_4}{2kP}\right)^2$$

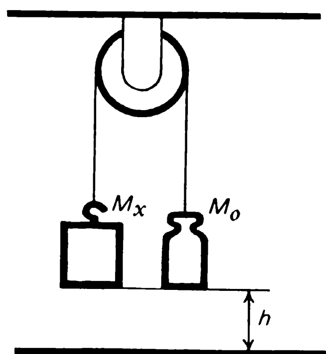
ازاینجا ضریب اصطکاک را پیدامیکنیم:

$$k=\frac{F_3+F_4}{\sqrt{4P^2-(F_3-F_4)^2}}$$

نیروهای F_3 ، F_4 و P که‌برای محاسبه لازمند بکمک نیروسنج تعیین میشوند.

۸۷ــ باید بلوکی را در یک ارتفاع معین بالای کف اطاق محکم نمود (مثلا" بوسیله یک پیچ به‌سقف اطاق) ، ریسمانی برروی آن انداخت و به‌یک سرریسمان وزنه و به‌سردیگر آن ، جسم مورد تحقیق را بست . برای محاسبات بعدی بهتر است این دوجسم را دریک ارتفاع مانند شکل۲۷ قراردهیم . سپس وزنه و جسم‌مورد تحقیق را رها میکنیم . بسته به‌نسبت جرم M_0 وزنه به‌جرم M_x جسم ممکن است ۳حالت پیش‌آید :

الف ــ دستگاه درحالت سکون بماند . این‌موضوع در صورتی اتفاق میافتد که $M_x=M_0$ باشد . در اینصورت اندازه‌گیری بعدی لازم نیست چون مسئله حل شده است .



شکل (۲۷)

ب ــ وزنه به‌پائین و بار به‌بالا حرکت کند . برای وقوع این حالت لازم است که جرم وزنه از جرم جسم بیشتر باشد :

$$M_x<M_0$$

بااستفاده از دومین اصل دینامیک ، شتاب هردوجسم را پیدا میکنیم :

$$a=\frac{M_0g-M_xg}{M_0+M_x}=\frac{M_0-M_x}{M_0+M_x}g$$

راه طی شدهٔ یک جسم را در مدت زمان t اگر شتاب a آن ثابت و سرعت اولیهٔ آن صفر باشد میتوان از معادله زیر پیداکرد :

$$h=\frac{at^2}{2}$$

مقدار شتاب فوق‌الذکر را دراین معادله قرار داده و فرمول زیر را بدست

میآوریم :

$$h=\frac{1}{2}\cdot\frac{M_0-M_x}{M_0+M_x}\,gt^2$$

ازاینجا میتوان پیدا کرد که

$$M_x=\frac{gt^2-2h}{gt^2+2h}M_0$$

مقدار M_0 طبق فرض مسئله معلوماست و g مقداری است ثابت و t بوسیله ثانیه شمار اندازه‌گیری میشود. بدین ترتیب برای حل مسئله لازم‌است طریقه‌ای جهت تعیین مقدار h راه طی شدهٔ وزنه و جسم در مدت زمان t مشخص شود (بعنوان این راه بهتر است فاصله تا کف اطاق انتخاب شود ـ رجوع شود به‌شکل۲۷) . برای‌این منظور میتوان از روشی استفاده نمود که قبلا" در شرح حل مسئله شماره۳۱ برای تعیین ارتفاع و عرض و طول اطاق پیشنهاد شده است و خلاصه میشود دراینکه آونگ ریاضی از ریسمان و وزنه ساخته میشود که طول آن با فاصله مطلوب برابر است (یعنی فاصله وزنه یا جسم تا کف اطاق) . سپس طول آونگ از روی دورهٔ نوسان T با فرمول آونگ محاسبه‌میگردد که این دوره بکمک ثانیه سنج تعیین میشود :

$$h=\frac{gT^2}{4\pi^2}$$

پ ــ اگر $M_x>M_0$ دراینصورت عبارت مربوط به‌شتاب دستگاه و جرم جسم مورد تحقیق بترتیب بصورت زیر میباشد :

$$M_x=\frac{gt^2+2h}{gt^2-2h}M_0 \quad و \quad a=\frac{M_x-M_0}{M_x+M_0}g$$

همه مقادیر وارد درعبارت‌اخیر، یا معلوم و یاقابل تعیین باروشهای بررسی شده میباشد.

ناگفته نماند که در هر سه حالت برای حل صحیح مسئله لازم است که اصطکاک روی محور بلوک هرچه کمتر باشد درصورتیکه در دوحالت اخیر (ب) و(پ) لازم است که جرم بلوک نیز، یا اگر دقیقتر بگوئیم، لنگر لختی آن هرچه کمتر باشد.

۸۸ـ باید شمش را در قوطی پراز آب قرارداد و حرارت آن را بکمک چراغ الکل به ۱۰۰ درجه سانتیگراد رساند. بعد از این، شمش را بداخل گرماسنج محتوی مقدار معین آب (که بوسیله پیمانه اندازه‌گیری شده است) منتقل میکنیم. درجه حرارتهای اولیه و نهائی آب را با دماسنج اندازه‌گیری میکنیم و از معادلهٔ تعادل حرارتی

$$m_1c_1(100^\circ - t) = m_2c_2(t-t_1) + m_3c_3(t-t_1)$$

جرم m_1 شمش را بدست میآوریم. دراین‌معادله m_2 و m_3 بترتیب جرم آب گرماسنج و جرم‌خود گرماسنج c_1 ، c_2 و c_3 بترتیب گرمای ویژه فولاد، آب و جنس گرماسنج، t_1 و t بترتیب درجه‌حرارت اولیه و نهائی آب در گرماسنج میباشد.

۸۹ـ معادلهٔ تعادل حرارتی (رجوع شود به شرح حل مسئله قبل) دراین مورد بصورت زیر است:

$$m_1c_1(t_x - t) = m_2c_2(t-t_1) + m_3c_3(t-t_1)$$

که t_x درجه حرارت مطلوب میباشد. بدین‌ترتیب، باحل این معادله بآسانی میتوان درجه حرارت مطلوب را یافت. جرم m_1 شمش یا معلوم فرض میشود و یا باروشی که درشرح حل مسئله شماره ۸۸ ارائه شده تعیین میگردد.

۹۰ـ مداری ازباطری، آمپر متر و مقاومت معلوم R ساخته‌و شدت I_1 جریان را اندازه میگیریم. این جریان با این‌فرمول مشخص میشود:

$$I_1 = \frac{E}{R+r} \qquad (۱)$$

که E نیروی الکتروموتوری باطری و r مقاومت داخلی آن است. سپس بجای مقاومت معلوم R مقاومت مجهول R_x را به‌مدار وصل میکنیم و از نو شدت جریان رااندازه میگیریم. مقدار جدید شدت I_2 را میتوان با معادلهٔ زیر بیان نمود:

$$I_2 = \frac{E}{R_x + r} \qquad (۲)$$

پس برای تعیین سه مقدار E ، r و R_x فقط دومعادله را دردست داریم. از قرار معلوم چنین دستگاهی از معادلات دارای جواب یگانه‌ای

نیست و لذا یک معادله دیگر نیز برای تعیین مقادیر مجهول لازم است .
اغلب اشخاص در مورد فرمول‌بندی آن به‌اشکال برمیخورند در صورتیکه
هیچ اشکالی ندارد . کافی است مقاومتهای مجهول و معلوم را بطور
متوازی (پارالل) یا متوالی (سری) به‌هم وصل و سپس شدت جریان
برقرار شده را تعیین کنیم . در مورد اتصال متوالی فرمول‌زیر:

$$I_3 = \frac{E}{R + R_x + r} \qquad (۳)$$

ودرمورد اتصال متوازی این فرمول بدست میآید :

$$I_4 = \frac{E}{\frac{RR_x}{R + R_x} + r} \qquad (۴)$$

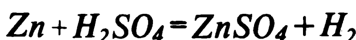
دستگاه معادلات (۱) و(۲) را با رابطه (۳) یا (۴) تکمیل کرده و
دستگاهی شامل سه‌معادله بدست میآوریم که سه‌مقدار مجهول E ، r و
R_xرا میتوان از آن پیدا کرد . مثلا" از معادلات (۱) ، (۲) و(۳)
فرمول زیر:

$$R_x = \frac{I_2(I_3 - I_1)}{I_1(I_3 - I_2)} R$$

وازمعادلات (۱) ، (۲) و(۴) فرمول ذیل بدست میآید :

$$R_x = \sqrt{\frac{I_1(I_4 - I_2)}{I_2(I_4 - I_1)}} R$$

۹۱ـ برای محاسبه سرعت متوسط دوچرخه سوار لازم است مسافت و
زمان را بدانیم . مسافت را با خط‌کش از روی نقشه معین میکنیم (مقیاس
نقشه معمولا" روی نقشه مشخص است) و پیل ((گره‌نه)) امکان میدهد
زمان را تعیین کنیم .
موضوع اینجاست که در موقع کار هرنوع پیل جنس الکترود منفی‌در
الکترولیت پیل حل میشود .
مثلا" در پیل ((گره‌نه)) این فعل وانفعال صورت میگیرد :



$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

جرم m روی (Zn) حل شده را میتوان از روی اولین قانون فاراده

بموجب مدت زمان t کارپیل و شدت I جریان مدار وصل شده به‌پیل تعیین نمود :

$$m=kIt$$

که k معادل (یا اکیوالان) الکتریکی ــ شیمیائی روی است .

مبدا راه‌حل مسئله همینجاست . بکمک سیمهای رابط باید مداری از پیل ، رئوستا و آمپرمتر ساخت ولی قبل از این الکترود روئی را وزن کرد . این مدار در لحظه‌حرکت دوچرخه سوار مسدود ودر لحظه بازگشت او باز میشود . سپس دوباره روی را وزن میکنیم و براساس اختلاف‌جرم $m=m_1-m_2$ و شدت I جریان و مقدار جدولی معادل الکتریکی ــ شیمیائی مدت زمان مسافرت تعیین‌میگردد .

۹۲ ــ باید درنظر داشت که در مدار جریان متناوب هرخازن برق نقش مقاومت را ایفا میکند که‌مقدار آن با ظرفیت خازن نسبت معکوس دارد بدین ترتیب :

$$R=\frac{1}{\omega C}$$

(ω فرکانس دورانی جریان متناوب است) . بدین‌ترتیب مقاومت کلی مدار جریان متناوبی که از خازنها تشکیل شده است با $\frac{1}{C_1}$ متناسب میباشد . اگر بجای‌خازنهای این مدار مقاومتهای متساوی جایگزین شود و مقاومت کلی مدار R_1 باشد میتوان تناسب زیر رانوشت :

$$\frac{1}{C}:\frac{1}{C_1}=R:R_1$$

وازاینجا فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$C_1=\frac{RC}{R_1}$$

ظرفیت خازن طبق فرض مسئله معلوم و R و R_1 براساس قانون اهم قابل تعیین است ــ برای این منظور مداری از باطری ، مقاومتها ، آمپرمتر و ولت‌متر میسازیم .

میتوان از راهی که اندکی متفاوت است به‌همین‌نتیجه رسید . در اتصال متوالی رزیستورها مقاومت آنها ودر اتصال متوالی خازنها مقادیر معکوس ظرفیت آنها باهم جمع میشود . پس در هر ترکیبی از اتصالات متوازی و متوالی مقدار $\frac{1}{C}$ عین رفتار مقدار R را دارد و از همینجا دوباره

تساوی قبلی نتیجه گیری می شود :

$$\frac{1}{C}:\frac{1}{C_1}=R:R_1$$

۹۳ـ مقاومت R قطعه سیم بطول l برابر باارتفاع سقف را میتوان براساس قانون اهم تعیین کرد. برای این منظور مداری میسازیم که منبع جریان برق آن، باطری و قسمت خارجی آن (یعنی‌بار) همان قطعه سیم باشد. اگر آمپرمتر متوالی قطعه سیم جریان I و ولت‌متر موازی باهمان قطعه سیم، اختلاف پتانسیل U رانشان دهد آنوقت معلوم میشود که:

$$R=\frac{U}{I}=\rho\frac{l}{S}$$

که S مساحت مقطع عرضی هادی برق و ρ مقاومت ویژه مس میباشد.
ازسوی دیگر، جرم m این قطعه سیم را که از طریق توزین با ترازو تعیین می‌شود میتوان برحسب طول l، مساحت S مقطع عرضی وچگالی D مس بصورت زیر بیان نمود:

$$m=DlS$$

باضرب تساویها در یکدیگر فرمول زیر را بدست میآوریم:

$$\frac{mU}{I}=\rho Dl^2$$

و از اینجا چنین برمیآید:

$$l=\sqrt{\frac{mU}{\rho DI}}$$

مقادیر I ، U و m ازطریق تجربی و مقادیر ρ و D از کتاب راهنما پیدامیشود.
اگر افت فشار برق روی قطعه سیمی که بطول اطاق است کم وتعیین آن بکمک ولت‌متر توام بااشکال باشد باید قطعه‌ای بمدار وصل نمود که طول آن مضربی صحیح از طول اطاق باشد (برای‌این‌منظور کافی‌است‌سیم‌را چند بار سرتاسر طول اطاق بکشیم).

۹۴ـ از حل مسئله قبلی نتیجه‌گیری میشود که باتوزین قطعه‌سیم بطول برابر ارتفاع سقف و با استفاده از مقدار جدولی چگالی مس می‌تـوان

حاصلضرب طول‌قطعه در مساحت مقطع آن را محاسبه نمود :

$$lS=\frac{m}{D}$$

سپس با افزایش تدریجی جرم وزنه‌های آویزان شده به‌سیم ، باربحرانی P_c را تعیین مینمائیم که باعث پارگی سیم میگردد. مقدار باربحرانی با مساحت مقطع عرضی سیم نسبت مستقیم دارد :

$$P_c = m_c g = \sigma S$$

که σ حدمقاومت مس است (رجوع شود به مسایل شماره‌۳۶و۶۱) که‌مقدار آن را میتوان در کتاب راهنما یافت .

باضرب تساویهای اخیر در یکدیگر وحذف S ، فرمول زیررا بدست میآوریم :

$$m_c g l = \frac{m\sigma}{D}$$

وازاینجا چنین‌برمیآید که :

$$l = \frac{m}{m_c D g}$$

سپس از همان طریق طول وعرض و سپس حجم‌اطاق تعیین میشود .

متاسفانه حد گسیختگی انواع مختلف مس در حدود نسبتا " وسیعی متغیر است . لذا فقط در صورتی میتوان به‌نتایج خوب رسید که اگر از مس دارای حدگسیختگی نسبتا " دقیق استفاده شود .

۹۵ـ فرکانس N ضربه‌میان دیاپازن و لوله ارگ برابراست با

$$N = \nu_1 - \nu$$

که ν_1 فرکانس صو ت ناشی از دیاپازن و ν فرکانس صوت ناشی از لوله ارگ است . مقدار اولی طبق فرض مسئله معلوم است در صورتیکه دراثر گرم یاسرد شدن هوای اطاق متغیر است .

درواقع هم ، طول λ موج‌صوتی پخش شده از لوله ارگ رامیتوان برحسب سرعت v انتشار صوت و فرکانس ν آن را بصورت زیر بیان نمود :

$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

ازسوی دیگر برای لوله باز ارگ طول موج تن اصلی بترتیب زیراست :

$$\lambda = 4l$$

که l طول لوله‌است . ازدوتساوی اخیر فرمول زیر را بدست می‌آوریم :

$$\nu = \frac{v}{4l} \qquad (*)$$

امواج صوتی باهمان سرعتی درهوا منتشر میشوند که مولکولهای هوا در همان درجه حرارت دارا میباشند . چون انرژی سینتیک مولکولها با درجه حرارت مطلق T نسبت‌مستقیم دارد :

$$\frac{mv^2}{2} \sim T$$

لذا سرعت مولکولها و نتیجتا" سرعت صوت باجذر T نسبت مستقیم دارد :

$$v \sim \sqrt{T}$$

ازاینجا نسبت سرعت v صو ت در T درجه‌حرارت به‌مقدار v_0 سرعت صوت در $T_0 = 0°C$ برابراست‌با :

$$\frac{v}{v_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

بادرنظر گرفتن تساوی (*) فوق الذکر که بیان کنندهٔ رابطه بین فرکانس صوت لوله ارگ وسرعت انتشار امواج صوتی میباشد میتوانیم عبارت اخیر را بصورت زیر درآوریم :

$$\frac{\nu}{\nu_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

که ν_0 فرکانس لوله‌ارگ در صفر درجه سانتیگراد میباشد که طبق فرض مسئله برابر است با ۴۴۰ هرتز .

ازاینجا مقدار فرکانس لوله ارگ در T درجه‌حرارت را بدست آورده و در عبارت اولیه فرکانس ضربه قرارداده فرمول زیر را بدست می‌آوریم :

$$N = \nu_1 - \nu_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

وازاینجا برای T درجه حرارت آزمایشگاه عبارت زیر حاصل میشود :

$$T = T_0 \left(\frac{\nu_1 - N}{\nu_0} \right)^2 = T_0 \left(\frac{\nu_1 - N}{\nu_1} \right)^2$$

این عبارت را بآسانی میتوان تحقیق کرد. باقراردادن $N=0$ ، بدست میآوریم $T=T_0$. درحقیقت هم بازای $T=0\,^{\circ}C$ ،فرکانس دیاپازن و لولهٔ ارگ یکی است و ضربه وجود ندارد.

۹۶ـ باید ارهای را (کهبهتر است دیگر قابل استفاده نباشد) بدو قسمت شکست. اگر اره مغناطیسی باشد دراینصورت این دوتکه دریکدیگر اثر خواهند کرد.

۹۷ـ اول باید جرم m تمام صفحه را تعیین نمود. سپس بکمکگونیا لازماست چهارگوشی بااضلاع معلوم رویآن رسم و بوسیله قیچی برید وبا ترازو جرم m_0 چهارگوش تعیین گردد. اگر ضخامت صفحه یکنواخت باشد جرم m آن بهمان نسبت از جرم m_0 بیشتر است که مساحت S تمام صفحه از مساحت S_0 چهارگوش بیشتر باشد:

$$\frac{m}{m_0}=\frac{S}{S_0}$$

ازاینجا فرمول زیر بدست میآید:

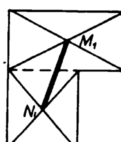
$$S=S_0\frac{m}{m_0}$$

مساحت S_0 را بآسانی میتوان بکمک گونیا تعیین نمود. اگر بریدن صفحه مغایر خواست ما باشد باید دور آن رابا مداد روی یک ورق مقوا یا کاغذ کلفت منتقل کرده و شکل بدست آمده را ببریم و اندازهگیریهای مشروحه فوق را روی آن انجام دهیم.

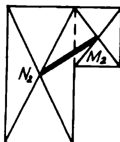
۹۸ـ اگر در موقع انجماد چگالی کم شود درآنصورت یک تکه از همان جنس در حالت جامد وقتی در ماده مذاب انداخته شود روی سطح شناور میماند. مثلا" یخ که چگالی آن ۱/۱بار کمتر از آب است در آب همان رفتار را دارد. برعکس، یکتکه آهن جامد در آهن مذاب غرق میشود و این امر میرساند که چگالی آهن در اثر انجماد مذاب بیشتر میشود.

درمورد اول حجم ماده در اثر انجماد مذاب افزایش و در مورد دوم تقلیل مییابد.

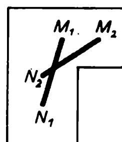
۹۹ــ صفحه را در ذهن به‌چهارگوشهائی که با خط‌کش در شکل ۲۸ــ الف نشان داده شده تقسیم میکنیم . مرکزثقل یکی از چهارگوشها درنقطه M_1 تلاقی اقطار قراردارد . بهمین منوال محل مرکز ثقل N_1 چهارگوش دوم پیدا میشود . لذا مرکزثقل صفحه بایستی روی استقامت M_1N_1 قرار داشته باشد .



الف)



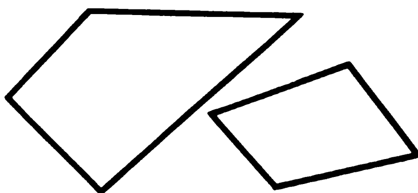
ب)



پ)

شکل (۲۸)

باهمین استدلال نتیجه‌میگیریم که نقطه مطلوب بایستی روی استقامت M_2N_2 قرار گرفته باشد که M_2 و N_2 مرکزثقل چهارگوشهای ساخته شده در شکل ۲۸ ــ ب میباشد . اگر مرکز ثقل درعین‌حال در روی دواستقامت واقع شده باشد درآنصورت باید در نقطه تلاقی آن دوخط قرار داشته باشد (شکل ۲۸ ــ پ) .



شکل (۲۹)

حال سعی کنید با استفاده از روش پیشنهادی فوق ، مرکز ثقل شکلهای غیرمنظم رسم شده در شکل ۲۹ را پید کنید .

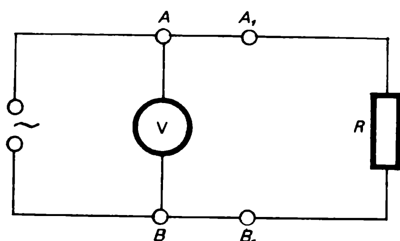
۱۰۰ــ برای حل این مسئله باید قاعده دست چپ را بیاد آورید که برای تعیین‌جهت اثر نیروی واردبر رسانای برق واقع در حوزه مغناطیسی و دارای جریان برق بکار میرود .

اگر لامپ از جریان برق متناوب تغذیه‌شود درآنصورت با نزدیک کردن

آهن‌ربا رشته لامپ بارتعاش در میآید و حدود دوره رشته محو میشود. در صورتیکه جریان برق مستقیم باشد رشته لامپ بوضوح دیده خواهد شد چونکه در اثر آهن‌ربائی نسبت بوضع اولیه فقط به‌یک طرف منحرف میگردد.

۱۰۱ ــ باید مدار تغذیه لامپ چراغ قوه را باز و دوسیم پیچ را بنوبت به‌مدار وصل نمود. سیم پیچ شدت جریان دارای مقاومت ناچیز میباشد و هنگامیکه به‌مدار وصل شود از نور لامپ عملا" کاسته نخواهد شد. برعکس، مقاومت سیم‌پیچ فشار جریان خیلی زیاد است وهرگاه به‌مدار وصل شود لامپ اصلا" روشن نخواهد شد.

۱۰۲ــ اول ولت‌متر زا به نقاط A و B (شکل ۳۰) و سپس به‌نقاط A_1 و B_1 که‌ازسمت راست است وصل می‌کنیم. فرض میشود ولت‌متر بترتیب U و U_1 رانشان‌داده باشد.



شکل (۳۰)

اگر $U>U_1$ دراینصورت منبع جریان برق ازطرف چپ نقاط A و B واقع است چونکه نشانداده‌ٔ ولت‌متر بعد از گذر از نقاط A و B به‌نقاط A_1 و B_1 بخاطر افت فشار جریان در قطعه‌های AA_1 و BB_1 کم میشود. اگر $U<U_1$ درآنصورت باطری از طرف راست خط واقع است. دراین‌مورد نشانداده‌ٔ ولت‌متر بخاطر افت فشارجریان در همان قطعه‌ها زیاد میشود. طریقه حل این مسئله چه در مورد مدار جریان‌مستقیم و چه در مورد مدار جریان متناوب یکی است منتها ولت‌متری از نوع مناسب باید انتخاب شود. همچنین مهم است که حساسیت ابزار در سطح کافی باشد تا بتواند اختلاف نسبتا" ناچیز پتانسیل بین حالات AB و A_1B_1 را اندازه بگیرد.

۱۰۳ــ از اولین جعبه ــ یک قطعه، از دومین جعبه ــ دوقطعه، از سومین‌جعبه ــ سه‌قطعه و همینطور تا آخرین جعبه که ده‌قطعه از آن باید

یکجا با تمام قطعات برداشته شده توزین شود.
اگر در تمام جعبه‌ها همه‌قطعات صحیح و سالم باشد وزن کل‌آنها، فرض کنیم، با P_1 برابرمیشود.
چون در جعبه n ـ ام وزن هرقطعه ۱۰گرم کمتر ازحد لازم‌است نشانداده P_2 ترازو بمقدار n ×۱۰گرم کمترازP₁ خواهدبود:

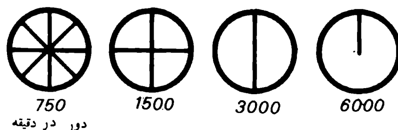
$$P_1 - P_2 = 10n$$

ازاینجا n یعنی شماره جعبه محتوی قطعات اسقاط را پیدا میکنیم:

$$n = \frac{P_1 - P_2}{10}$$

۱۰۴ ـ اگر برای روشنائی از لامپ نوسانی استفاده گردد که تعداد روشن و خاموش شدنهای آن باتعداد دور محور برابر باشد دراینصورت قطعه همه وقت در وضع ثابت رویت خواهد شد بطوریکه جزئیات سطح آن را میتوان بوضوح تشخیص داد. برای تغذیه لامپ باید از مولد برق دارای تنظیم ملایم فرکانس استفاده نمود.
بجای لامپ نوسانی ومولد بافرکانس متغیر میتوان از یک لامپ معمولی پرنور استفاده کرد بنحوی که نور آن از شکاف شعاعی دیسک مقوائی سوار بر محور الکتروموتور با دورقابل تنظیم عبورکند.
پدیده‌ای که‌در اثر روشنائی منقطع، اجسام چرخنده ثابت بنظر میرسد اثر استروبوسکوپیک نام دارد. اتفاقا" مسئله بعدی به بعضی کاربردهای این اثر اختصاص دارد.

۱۰۵ـ با پرگار روی مقوا دایره‌ای رسم میکنیم و باقیچی آن‌را میبریم.
روی دیسک مقوائی بدست آمده در امتداد شعاع یک خط می‌کشیم ودیسک را به محور الکتروموتور می‌چسپانیم بطوریکه سطح آن عمود برمحورباشد.
سپس الکتروموتور و لامپ نئون را به برق وصل میکنیم. وقتی لامپ نئون به‌شبکه برق متناوب وصل است ۱۰۰بار در ثانیه روشن و خاموش میشود.
اگر در فاصله بین دو روشن شدن متوالی، محور الکتروموتور دقیقا، یک دور (یعنی ۶۰۰۰دور در دقیقه) بزند دراینصورت خط روی دیسک همیشه در همان وضع دیده خواهد شد یعنی با وجود دورانهای خود ثابت بنظر خواهد رسید (شکل ۳۱ـ الف).



ت)　　　پ)　　　ب)　　　الف)

شکل (۳۱)

اگر تعداد دور دوبرابر کمتر شود آنوقت در فاصله بین دو روشن شدن متوالی ، محور الکتروموتور فقط نیم دور میزند و خط در امتداد وضع قبلی خود یعنی در آن طرف قطر رویت خواهد شد . درنتیجه ، خطی با طول بیشتر را خواهیم دید که مانند یک قطر ، تمام عرض دیسک را قطع کرده است (شکل ۳۱ ــ ب) . در سرعت دوران ۱۵۰۰دور در دقیقه ــ صلیب (شکل ۳۱ ــ پ) و در سرعت دوران ۷۵۰دور در دقیقه دوصلیب با زاویه ۴۵درجه بین یکدیگر روی دیسک دیده خواهد شد .
ناگفته نماند که تصویر شکل ۳۱ــ الف نه‌فقط در یک دور دیسک در فاصله بین دو روشن شدن متوالی لامپ بلکه همچنین در دو، سه‌و . . .دور (یعنی ۱۲۰۰۰ ، ۱۸۰۰۰ و . . . دور در دقیقه) در فاصله بین دو روشن شدن متوالی نیز دیده خواهد شد . تصویر شکل ۳۱ــ ب همچنین در سرعتهای دورانی ۹۰۰۰ ، ۱۵۰۰۰ و . . . دور در دقیقه دیده خواهد شد (یعنی وقتی دیسک در فاصله بین دو روشن شدن متوالی لامپ ۱/۵ ، ۲/۵ و . . .دور میزند) . صلیب شکل ۳۱ــ پ را همچنین در سرعتهای دورانی ۱۵۰۰ ، ۴۵۰۰ ، ۷۵۰۰ ، . . .دور در دقیقه و دوصلیب شکل ۳۱ــ ت را در ۷۵۰ ، ۲۲۵۰ ، ۳۷۵۰ و . . .دور در دقیقه میتوان مشاهده نمود . بنابر مراتب فوق باید بطور تدریجی به‌سرعت دوران افزود وبه‌حد مطلوب رسید .

۱۰۶ــ لازم‌است فضانورد شیئی در جهت مخالف موشک پرت کند (اگر هیچ جسمی پیدانشد درآنصورت وضع او فاجعه‌آمیز خواهدبود) . آنوقت طبق اصل بقای مقدار جنبش که برای حل مسئله‌شماره ۵۶ از آن استفاده گردید در سمت موشک سرعت

$$V=\frac{m}{M}v$$

را بخود خواهد گرفت که M و m بترتیب جرم انسان و شیئی و v سرعت شیئی میباشد.

ازقرار معلوم خود موشک نیز بطور مشابه در فضا حرکت میکند بدین معنی که گاز سوخته را به یک طرف پرت میکند و خودش بطرف معکوس پرت میشود.

۱۰۷ـ از دوطریق میتوان به هدف رسید. بنوبت آنها را بررسی میکنیم.

الف ـ فرض کنیم جسم مورد نظر بجرم m_1 روی یک‌کفه ترازوی اهرمی و وزنه بجرم m_2 روی کفه دوم گذاشته شده باشد. نظر به اینکه ماهواره و تمام اجسام روی آن (ازجمله جسم مورد توزین و وزنه) در حوزه گرانشی زمین دارای شتاب یکسان میباشند (درحالت سقوط دایم بطرف زمین میباشند) ترازو در حالت تعادل بی‌تفاوت خواهد بود. ولی حالت تعادل برهم میخورد اگر ترازو را بحرکت متشابه التغییر تند شونده نسبت به ماهواره واداریم چون که برای بخشیدن شتاب یکسان a به جسمهای مختلف الجرم نیروهای مختلف لازم است بدین ترتیب:

$$F_1 = m_1 a$$

و

$$F_2 = m_2 a$$

اشکالی ندارد بحالتی برسیم که عقربه ترازو از حالت صفر تقریبا" منحرف نشود و این موضوع در حرکت متشابه التغییر تند شونده بشرط تساوی جرم جسم با جرم وزنه مشروط است.

ب ـ میتوان از ترازوی فنری یعنی نیروسنج نیز استفاده نمود. اگر جسم مورد تحقیق را به آن آویزان و دستگاه را به حرکت با شتاب ثابت a واداریم دراینصورت عقربه نیروسنج وجود یک نیرو را نشان خواهد داد:

$$F_1 = m_1 a$$

سپس باید بجای جسم وزنه‌ای باجرم معلوم m_2 آویزان و نیروسنج رابا همان شتاب a بحرکت واداشت. دراینصورت نشانداده نیروسنج برابر خواهد بود با:

$$F_2 = m_2 a$$

با تقسیم دوتساوی اخیر بریکدیگر فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$\frac{F_1}{F_2}=\frac{m_1}{m_2}$$

واز اینجا چنین برمیآید :

$$m_1=m_2\frac{F_1}{F_2}$$

رسیدن بحالت تساوی شتابها در مورد ترازوی فنری نسبتا " مشکل است . باوجود این‌میتوان برای برقراری حالت تساوی شتابها سعی کرد . برای این منظور بترتیب ، اول جسم و سپس وزنه رابابید به‌نیروسنج آویزان کرد و باسرعت زاویه‌ای ثابت چرخاند . بدیهی است که دراینصورت یک ثانیه شمار مورد نیاز است . ولی در صورت‌امکان بهتر است از دو نیروسنج استفاده شود : به‌یک نیروسنج ــ جسم مورد تحقیق و به نیروسنج دوم ــ وزنه‌ای باجرم معلوم آویزان شود و سپس هردو را باید دریک دست گرفت وبه حرکت درآورد بطوریکه سرعتشان هرآن بیشتر شود .

درحل این مسئله از آن اصل استفاده شده است که حرکت تندشوندهٔ یک دستگاه معادل است با حوزه نیروهای‌گرانشی .همسانی نیروهای‌گرانشی و نیروهائی که دراجسام یک دستگاه دارای حرکت تند شونده اثر میکند یکی از پایه‌های نظریه گرانش قرار گرفت که درچارچوب نظریه نسبیت عمومی اینشتین (سال ۱۹۱۵) گسترش یافت . لذا اگر آزمایشگر در سفینه فضائی یا ماهواره هدایت شونده باشد کافی است موتورها را روشن کند تا نیروی مصنوعی ثقل بوجود آید و هرنوع ترازو یا قپان بکار افتد .

۱۰۸ــ اگر سفینه فضائی با موتورهای خاموش بدور سیاره در حرکت باشد دراینصورت تنها نیروئی که در آن اثر میکند نیروی جاذبه F سیاره میباشد :

$$F=G\frac{Mm}{R^2}$$

که G ثابت‌گرانشی ، M جرم سیاره ، m جرم سفینه و R فاصلهٔ آن تامرکز سیاره است .

اگر ارتفاع پرواز R کم‌باشد میتوان پذیرفت که R برابر شعاع سیاره‌است (شکل سیاره کروی فرض میشود) .

جرم سیاره را برحسب شعاع و چگالی متوسط D آن بیان می‌کنیم :

$$M=VD=\frac{4}{3}\pi R^3D$$

و این مقدار M را در فرمول قبلی قرار میدهیم :

$$F=\frac{4}{3}\pi GRmD$$

چون سفینه روی مدار دایره‌ای درحرکت است تحت‌تاثیر نیروی جاذب بطرف مرکز قرار میگیرد که میتوان آنرا بصورت زیر نمایش داد :

$$F_1=\frac{mv^2}{R}=m\omega^2R=m\frac{4\pi^2}{T^2}R$$

که v سرعت خطی و ω سرعت زاویه‌ای سفینه‌فضائی و T زمان یک دور آن در حول سیاره میباشد .

چون نیروی جاذبهٔ گرانشی نقش نیروی جاذب بطرف مرکز را ایفامیکند میتوان قسمتهای دست راست دوعبارت اخیر رابرابر یکدیگر نمود و عبارت زیر را برای‌چگالی سیاره بدست آورد :

$$D=\frac{3\pi}{GT^2}$$

بدین‌ترتیب پس از تعیین زمان یک دور سفینه درحول سیاره بوسیله ساعت میتوان چگالی متوسط سیاره را محاسبه کرد .

ماهواره‌هائی که در مدار دایره‌ای بدور زمین قرار گرفته‌اند معمولا " دوره گردش آنها در حدود یک ساعت ونیم (۵۴۰۰ثانیه) است . باقراردادن این مقدار در فرمول اخیر چگالی متوسط زمین را بدست میآوریم :

$$D=\frac{3\cdot 3{,}14}{6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot 5400^2}\approx 5000\frac{kg}{m^3}$$

ایستگاه فضائی اتوماتیک ((لونا—۱۶))که درتاریخ ۱۷اکتبر سال۱۹۷۰ در مدار دایره‌ای بدور ماه قرار گرفت دارای دوره‌گردشی برابر یک‌ساعت وپنجاه و نه‌دقیقه (۷۱۴۰ثانیه) بود و از اینجا چگالی متوسط ماه پیدا میشود :

$$D=\frac{3\cdot 3{,}14}{6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot 7140^2}\approx 3000\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$$

و اما در واقع ، چگالی زمین وماه حدود ۱۰% بیشتر است . این اختلاف ناشی از آنست که معمولا " ارتفاع پرواز ماهواره‌ها نسبتا " زیاد است و در نتیجه اختلاف شعاع سیاره و شعاع مدار نیز بایستی درنظرگرفته شود . حال اگر در فرمول چگالی فوق‌الذکر مقادیر T مربوط به‌پروازهای روی مدار خیلی نزدیک به‌سطح کره‌زمین (عملا " چنین پروازهائی بعلت مقاومت هوا غیرقابل تحقق است) یا کره‌ماه را که بترتیب برابر است با یک ساعت و۲۴دقیقه ویک ساعت و۴۸دقیقه قرار دهیم در آنصورت مقادیر واقعی چگالی (بترتیب ۵۵۰۰ و۳۳۶۰کیلوگرم درهرمترمکعب) را بدست میآوریم .

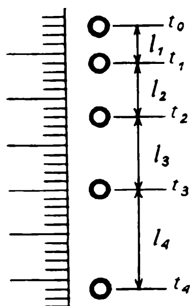
درمورد مدار دارای ارتفاع زیاد فرمول چگالی بصورت زیراست :

$$D=\frac{3\pi}{GT^2}\left(1+\frac{h}{R}\right)^3$$

که h ارتفاع مدار است . باکاربرد این فرمول میتوان مقادیر صحیح چگالی را در مورد ارتفاع زیاد مدار بدست آورد .

۱۰۹ـ خط کش را دروضع قایم روبروی پارچه‌مشکی قرار میدهیم وبا دسته اشعه منقطعی که لامپ از لابلای شکاف دیسک گردان دارای دور ثابت میفرستد روشن میکنیم . سپس دوربین عکاسی را بکار میاندازیم و گلوله را از دست رها میکنیم بطوریکه از جانب خط‌کش رد شود . درعکس بدست آمده ، خط کش و تعدادی لکه روشن دیده میشود که‌بازتاب‌گلوله در لحظاتی است که نور از شکاف به‌گلولهٔ درحال سقوط میتابد .

فواصل l_1 ، l_2 ، l_3 وغیره را بآسانی میتوان از روی تقسیمات خط‌کش حساب کرد (شکل۳۲) .



شکل (۳۲)

اولین لکه روشن بازتاب گلوله در لحظه ایستکه زمان t_0 ازلحظه شروع حرکت گذشته است . طی این مدت گلوله توانسته است مسافت زیر راطی کند :

$$S_0 = \frac{g t_0^2}{2}$$

برای دفعه دوم ، گلوله در لحظه‌ای روی عکس می‌افتد که بعداز شروع حرکت زمان t_1 گذشته که طی آن ، گلوله مسافت زیر را طی کرده است :

$$S_1 = \frac{g t_1^2}{2}$$

زمان t_2 ومسافت S_2 به‌حالت سوم مربوط است :

$$S_2 = \frac{g t_2^2}{2}$$

والی‌آخر . بنابراین روشن‌میشود که :

$$l_1 = S_1 - S_0 = \frac{g t_1^2}{2} - \frac{g t_0^2}{2} = \frac{g}{2}(t_1^2 - t_0^2),$$

$$l_2 = S_2 - S_1 = \frac{g}{2}(t_2^2 - t_1^2)$$

علاوه بر این

$t_1 = t_0 + \tau$ و $t_2 = t_1 + \tau = t_0 + 2\tau$

که τ فاصله زمانی است بین دوبازتاب متوالی نور از گلوله که بازمان یک دور الکتروموتور برابر میباشد .

بعدازاین میتوان نوشت :

$$l_1 = \frac{g}{2}\left[(t_0+\tau)^2 - \tau_0^2\right] = \frac{g}{2}(2t_0\tau + \tau^2),$$

$$l_2 = \frac{g}{2}\left[(t_0+2\tau)^2 - (t_0+\tau)^2\right] = \frac{g}{2}(2t_0\tau + 3\tau^2)$$

باکم کردن معادله اول از معادله دوم ، فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$l_2 - l_1 = g\tau^2$$

وازاینجا این فرمول بدست میآید :

$$g = \frac{l_2 - l_1}{\tau^2}$$

مقادیر l_1 و l_2 را از روی خط کش و τ را از روی دور معلوم الکتروموتور تعیین میکنیم .

۱۱۰ــ کافی است نیروی جاذبهٔ P^* بین وزنه وسیاره (یعنی وزن وزنه درآن سیاره) را بوسیله نیروسنج تعیین کنیم . آنوقت شتاب ثقل g^* را بصورت نسبت زیر پیدا میکنیم :

$$g^* = \frac{P^*}{m}$$

که m جرم وزنه‌میباشد که طبق فرضیه مسئله معلوم است .

۱۱۱ــ با استفاده از ترازوی فنری باید P^* یعنی وزن وزنه را در آن سیاره‌اندازه‌گرفت . طبق قانون جاذبه عمومی ، نیروی P^* برحسب جرم وزنه (m) و ثابت گرانشی G وجرم سیاره (M) و شعاع سیاره (R) بیان میشود :

$$P^* = G\frac{Mm}{R^2}$$

از اینجا جرم سیاره بدست میآید :

$$M = \frac{P^* R^2}{Gm}$$

که G مقداریست ثابت و از کتاب راهنما پیدا میشود ، P^* ازطریق تجربی بدست میآید ، m و R طبق فرضیه مسئله معلوم هستند .

۱۱۲ــ باید بانخ و وزنه‌آونگ ریاضی ساخته و دورهٔ T آن را بکمک ثانیه‌شمار تعیین کرد . سپس از فرمول آونگ میتوان g^* یعنی شتاب نیروی ثقل روی سیاره را پیدا کرد :

$$g^* = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

چونکه طول l آونگ بنابرفرض مسئله معلوم است .

ازسوی دیگر شتاب نیروی ثقل را میتوان براساس قانون جاذبه عمومی بصورت زیرنوشت :

$$g^* = \frac{P^*}{m} = G\frac{M}{R^2}$$

M جرم سیاره ، R شعاع آن و G ثابت گرانشی میباشد .

قسمتهای راست معادلات را مساوی هم قرارداده جرم سیاره را بدست میآوریم :

$$M=\frac{4\pi^2R^2l}{GT^2}$$

شعاع سیاره را بآسانی میتوان برحسب طول C خط استوای سیاره بیان نمود :

$$R=\frac{C}{2\pi}$$

سپس مقدار متوسط چگالی ماده سیاره را بدست میآوریم :

$$D=\frac{M}{V}=\frac{6\pi^2l}{GT^2C}$$

مقدار چگالی D را میتوان حساب کرد چونکه تمام مقادیر وارد به‌این عبارت معلوم هستند .

۱۱۳ــ طول تعلیق را از طریق مقایسه باقد فضانوردی که درنزدیکی همان شیئی بود میشد تخمین زد . این طول تقریبا " ۱مترازآب درآمد . دورهٔ نوسان که بکمک ساعت‌تعیین شد برابر ۵ثانیه بود . سپس‌بااستفاده از فرمول آونگ :

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

میتوان مقدار شتاب ثقل را بدست آورد که با نتایج روشهای دقیقتر بمراتب نزدیک است :

$$g^*=\frac{4\pi^2l}{T^2}=\frac{4\cdot3,14^2\cdot1}{5^2}\approx1,6\ \mathrm{m/s^2}$$

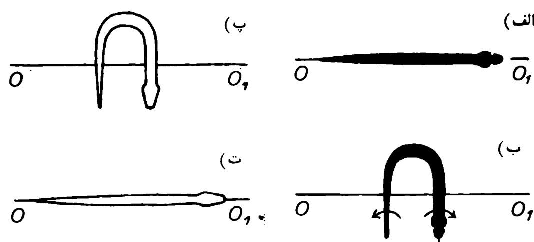
۱۱۴ــ فضانوردان باید یک سیم‌پیچ از سیم‌موجود درست کرده و دو سرسیم را به گالوانومتر وصل نمایند . اگر حوزهٔ مغناطیسی سیاره بقدر کافی قوی‌باشددراینصورت سیم‌پیچ‌میچرخد وگالوانومترضربه‌های‌جریان‌برق القایی ناشی از تغییر فلوی مغناطیسی در سطح سیم پیچ رامنعکس میکند . اصولا " نه‌فقط وجود حوزه مغناطیسی بلکه مقدار وجهت‌بردار القای مغناطیسی را نیز از همین طریق میتوان تشخیص داد .

این اندیشه مبنای انواع مغناطیس سنج مورد استفاده عملی واقع گردیده است .

۱۱۵ــ درکنار اصل بقای مقدار جنبش که در حل مسایل شماره ۵۶ و ۱۰۶مورد استفادهٔ ما قرار گرفت در طبیعت اصل بقای ممان جنبش نیز وجود دارد. طبق این اصل فضانوردی که دیسکی یا شیئی دیگری بادست بچرخاند باید خودش در جهت معکوس بچرخد (البته اگر اجسام دیگر مانع این حرکت وی نشوند). وقتیکه فضانورد تا زاویه مقتضی چرخید باید گردش را قطع کند.

پس اگرهیچ شیئی نداشته‌باشد چطور؟ دراینصورت طبق اصل بقای مقدار جنبش او قادر نخواهد بود مقدار یا جهت سرعت خود را مثلا" نسبت به‌موشک تغییر دهد درصورتیکه اصل بقای ممان جنبش امکان تغییر جهت‌گیری را از وی سلب نمیکند. مثلا" برای گردش درجهت عقربه ساعت (اگر او را از "بالا" مشاهده کنیم) فضانورد باید یک سری حرکات زیر را انجام دهد: دست راستش را بطرف راست دراز کند، آن رانزدیک سینه بگیرد و درطول جسمش پائین بیاورد سپس از نو بطرف راست دراز کند وغیره.

این‌مسئله شبیه‌مسئله معروف گربهٔ درحال سقوط میباشد. از قرار معلوم گربه‌استعداد شگفت‌انگیزی دارد و آن اینست که حتی اگر درحالت وارونه شروع بسقوط کند همیشه بادست و پا روی زمین فرود میآید. فیلم‌برداری تسریع شده‌نشان میدهد که‌گربه درلحظه سقوط بسرعت دمش رامیچرخاند ودرنتیجه، جسم او بطرف معکوس میچرخد. وقتی دست وپایش دروضع عادی یعنی درسمت پائین قرارگرفت او چرخش دمش رامتوقف میسازد. یک مثال ساده زیر امکان چرخش موجودات زنده بدون کمک‌خارجی را بنحو بارزی نشان‌میدهد.



شکل (۳۳)

فرض کنیم ماری درفضا در امتداد OO_1 خوابیده و پشتش ببالاست (شکل ۳۳ــ الف) . قوانین طبیعت و ساختمان جسمش مانع ازآن نمیشود که وضعی مانند (شکل ۳۳ــ ب) بخود بگیرد . باچرخاندن قسمت جلو و عقب جسم خود در جهتی که بافلش‌ها مشخص شده مار میتواند شکمش رابطرف بالا متوجه کند (شکل ۳۳ــ پ) وسپس در امتداد OO_1 دراز بکشد (شکل ۳۳ــ ت). درواقع نیز ، مار درنتیجه این‌حرکات متوالی بزاویهٔ ۱۸۰درجه در حول محور طولی خود خواهد چرخید . (البته این‌مثال مصنوعی است چونکه معمولا" مار روی زمین میخزد و برای وارونه شدن از نیروی اصطکاک استفاده میکند ولی اگر درهوا قرار گیرد میتواند بطریق فوق‌الذکر رفتار کندــ مار موضوع "سرودشاهین" ماکسیم‌گورگی را بیاد بیآورید .)

۱۱۶ــ ساکنان زهره از چند طریق میتوانستند به‌گردش و جهت‌گردش سیاره خود پی‌ببرند . مثلا" میتوانستند رفتار آونگ را بررسی کنند . ژان‌برنارد لئون‌فوکو فیزیک‌دان فرانسوی درسال ۱۸۵۱ بمنظور اثبات گردش زمین از آونگ استفاده نمود . آونگ موردنظر عبارت است از وزنه سنگین آویزان به‌سیم چندین‌ده‌متری (بلندترین آونگ جهان بطول۹۸متر درکلیسای اسحاق در لنینگراد نصب شده است . آونگ فوکو در پانتئون پاریس دارای طول ۶۷متر بود) . وزنه بوسیله قفل کاردان یا یاطاقان افقی آویزان میشود بطوریکه درهر سطح قایم‌میتواند نوسان کند . دراثر گردش زمین صفحهٔ نوسان آونگ بکندی نسبت به‌علامات روی سطح زمین گردش میکند .

نیروی‌جاذبه زمین و کشش نخ در صفحهٔ نوسان‌واقع بوده‌و نمیتواند باعث گردش صفحه شود . از دیدگاه یک‌ناظر خارج از کره‌زمین ، چرخش صفحه نوسان با چرخش سطح زمین وعلاماتی که‌وضع نسبی این صفحه را مشخص میسازد توجیه میگردد . درقطب زمین که‌وضع صفحه نوسان در آنجا نسبت به‌ستارگان ثابت میماند ناظر از روی سطح زمین می‌بیند که صفحه نوسان با سرعت زاویه‌ای برابر باسرعت زاویه‌ای کره‌زمین میچرخد منتها در جهت معکوس.

درنقاط بین قطبها صفحه نوسان آونگ که از خط شاقولی عبور میکند نمیتواند وضع ثابت را نسبت به ستارگان حفظ کند و تا اندازه‌ای که

به‌عرض جغرافیائی بستگی دارد درگردش زمین شرکت میکند وهرچه از قطب دورتر برویم از سرعت گردش آن نسبت به‌علامات روی زمین کاسته شده تا بالاخره در روی خط استوا این اثر بکلی ازبین میرود .
چرخش صفحه نوسان آونگ فوکو از دیدگاه ناظر روی‌زمین‌نیز قابل توجیه است . بمنظور توجیه موضوع لازم است‌نیروی کوریولیس را که درحل مسئله شماره ۵۳ باآن روبرو شدیم وارد بحث کنیم .
طریقه دوم حل مسئله عبارت است از کاربرد ژیروسکوپ یعنی یکنوع فرفره سنگین بادور زیاد که‌روی قفل کاردان‌نصب شده است .
اگر مرکز ثقل ژیروسکوپ برمرکز تعلیق منطبق باشد ونیروهای اصطکاک عملا" وجود نداشته باشد(چنین ژیروسکوپی آزاد یا متعادل نام‌دارد) محور آن وضع خود را نسبت به ستارگان "ثابت" تغییر نمیدهد . اگر مرکزثقل ژیروسکوپ برمرکز هندسی تعلیق منطبق نباشد دراینصورت محور آن درفضا باگردش خود سطح مخروطی را ترسیم می‌کند(این حرکت را حرکت تقدمی گویند) . در مورد ژیروسکوپ بجرم ۱کیلوگرم با ۳۰۰۰۰دور دردقیقه‌انحراف مرکزثقل بمقدار۱میکرومترباعث‌حرکت‌تقدمی‌باسرعتی‌در حدود ۱درجه در ساعت میگردد . چون سرعت دوران زمین‌خیلی بیشتر از این‌است (۱۵درجه‌درساعت) باچنین ژیروسکوپهائی بآسانی میتوان واقعیت گردش زمین را اثبات نمود . این امر برای‌اولین بار توسط همان فوکو درسال ۱۸۵۱ انجام گردید . بدیهی است که هرقدر گردش سیاره کندتر باشد همانقدر بالانس ژیروسکوپ باید دقیقتر و اصطکاک محورهای آن کمتر باشد .

فهرست مطالب

عنوان	صفحه

خوانندگان گرامی

بنگاه نشریات «میر» خواهشمند است نظریات خود را دربارهٔ این کتاب و ترجمه و چاپ آن و نیز سایر نظریات و پیشنهادهای خود را برای ما بفرستید.

بنگاه نشریات «میر» کتاب‌های علمی و برخی کتاب‌های دیگر را به بسیاری از زبانهای جهان، از جمله به زبان فارسی، ترجمه و منتشر میکند. شما میتوانید اطلاعات لازم درباره این کتاب‌ها را از راهنماهای کتابی که همه‌ساله از طرف بنگاه ما انتشار می‌یابد به دست آورید.

خواهشمند است نظریات و پیشنهادهای خود را به نشانیهای زیر بفرستید:

«میر»، پروی ریژسکی ۲،
مسکو، اتحاد شوروی
«مژکنیگا»، گ — ۲۰۰
مسکو، اتحاد شوروی
ادارهٔ بازرگانی خارجی سراسر شوروی «مژدونارودنایا کنیگا».

مسایل هوش‌آزمائی
در
فیزیک تجربی

تالیف : و. لانگه

ترجمه : س. والری



بنگاه نشریات "میر" مسکو

